4 A. civ. 47 u

G. A. cv. 47 h

HANDBUCH

DER

HOCHBAU-CONSTRUCTIONEN IN EISEN.

45 G

HANDBUCH

DER

HOCHBAU-CONSTRUCTIONEN IN EISEN

UND

ANDEREN METALLEN

FÜR

ARCHITEKTEN, INGENIEURE, CONSTRUCTEURE, BAU-HANDWERKER UND TECHNISCHE LEHRANSTALTEN.

HERAUSGEGEBEN

VON

LUDWIG KLASEN,

ARCHITEKT UND INGENIEUR IN WIEN.

MIT 994 HOLZSCHNITTEN UND 20 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1876.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Holzschnitte: auf Holz gezeichnet vom Verfasser, geschnitten in der xylographischen Anstalt von **C. Wlczek** in Wien.

Die Herausgabe einer Uebersetzung in fremde Sprachen wird vorbehalten.

SEINER KAISERLICHEN HOHEIT

DEM DURCHLAUCHTIGSTEN

HERRN

ERZHERZOG RAINER VON OESTERREICH

CURATOR DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN, PROTEKTOR DES OESTERR. MUSEUMS FÜR KUNST UND INDUSTRIE ETC. ETC.

EHRFURCHTSVOLL ZUGEEIGNET

VOM

VERFASSER.

VORWORT.

Das vorliegende Handbuch ist besonders bestimmt, dem Architekten und Bauhandwerker beim Entwerfen von Metallconstructionen für den Hochbau behülflich zu sein. Berücksichtigt man die mannigfachen anderweitigen Kenntnisse, welche sich ein Architekt anzueignen hat, um in seinem Fache Tüchtiges zu leisten, so wird man die Einfachheit in der Behandlung des in dem Buche enthaltenen Stoffes und die Beschränkung der Mathematik auf das Nothwendigste gewiss gerechtfertigt finden. Beispiele von gut ausgeführten Constructionen sind so viel wie möglich herangezogen, um hieran zu zeigen, wie man es in ähnlichen Fällen zu machen hat.

Man findet bei Bauausführungen nicht immer Zeit und Lust theoretische Werke zu studiren oder in grossen technischen Journalen nach zweckmässigen Vorbildern zu suchen, wenn man mit einer Construction nicht vollständig vertraut ist; in solchen Fällen sind übersichtlich eingerichtete Handbücher meistens sehr willkommen. Wer sich in der Baupraxis umschaut, wird selbst da, wo man es nicht erwarten sollte, häufig Constructionen ausgeführt finden, die entweder eine unerhörte Materialverschwendung aufweisen, oder die, in den entgegengesetzten Fehler verfallend, viel zu schwach construirt sind und daher einstürzen. Nach beiden Richtungen waren dem Constructeur also die in den Constructionstheilen auftretenden Spannungen nicht übersichtlich, die Berechnung derselben erschien ihm zu umständlich und er bestimmte die Abmessungen der Theile nach dem unsichern sog. praktischen Gefühl. Sehr oft überlässt aber der Architekt dem Fabrikanten die Construction gewisser Bautheile, der seine

Arbeiten meistens nach dem Gewichte bezahlt erhält, in dessen Interesse es demnach liegt, die Construction möglichst schwer auszuführen, wodurch dann der Bauherr benachtheiligt wird. In derartigen Fällen dürfte das vorliegende Handbuch nützlich werden, weil man die Zweckmässigkeit der auszuführenden Construction nach gut ausgeführten Beispielen leicht beurtheilen kann.

Da wo in dem Buche Metallconstructionen in Verbindung mit anderen Materialien vorkommen, sind auch diese mit behandelt, namentlich wurden im fünften Abschnitte die Dachconstructionen aus Holz und Eisen gründlich bearbeitet; ebenso sind nicht allein die Dacheindeckungen aus Metall, sondern auch die Eindeckungen aus allen übrigen gegenwärtig gebräuchlichen Materialien mit angeführt. Im sechsten Abschnitte sind der Vollständigkeit und des gründlichen Verständnisses wegen auch die Deckenconstructionen aus Holz und Stein mit behandelt. Der zwölfte Abschnitt über Heizung und Ventilation ist ziemlich ausführlich bearbeitet, wohl nicht zum Nachtheile des Buches, indem gerade dieses Capitel sehr wichtig für das Baufach ist und darüber vielfach irrige Meinungen verbreitet sind.

Ich glaube hoffen zu dürfen, dass auch die dritte Lieferung dieses Werkes bei den geehrten Fachgenossen eine nachsichtige Beurtheilung finden wird, da mir über die ersteren Lieferungen nur anerkennende Urtheile bekannt geworden sind und bei Abfassung der Schlusslieferung nicht mindere Sorgfalt aufgewendet ist wie bei den ersteren Lieferungen.

Von Seiten des Herrn Verlegers sind keine Kosten gescheut, das Buch würdig auszustatten, der Verfasser aber hat sich alle Mühe gegeben die Zeichnungen so deutlich wie möglich auszuführen, obgleich der Maassstab der Holzschnitte wegen der hohen Herstellungskosten ziemlich klein genommen werden musste.

Ich schliesse mit dem Wunsche, dass das Werk Vielen nützlich werden möge.

Wien, im Mai 1876.

Ludw. Klasen.

INHALT.

Erster Abschnitt.

Die Gewinnung und Verarbeitung der Metalle.

A. Das Eisen.

I. Roheisen-Fabrikation. Seite

§. 1. Die wichtigsten Erze 1
§. 2. Vorbereitung der Erze zum Schmelzen —
§. 3. Der Hochofen und das Schmelzen der Erze 2

II. Eisengiesserei-Betrieb.

§. 4. Das Formen der Gusswaaren und die Modelle 3
§. 5. Das Umschmelzen und Giessen des Roheisens 5

III. Stabeisen-Fabrikation.

§. 6. Das Weissmachen des Roheisens 6
§. 7. Der Frischprozess —
§. 8. Zängeapparate 8
§. 9. Die Bildung der Packete und das Auswalzen des Stabeisens 9
§. 10. Drahtfabrikation 12
§. 11. Die Röhrenfabrikation 13

IV. Stahl-Fabrikation.

§. 12. Der Rohstahl oder Stahl aus Roheisen —
§. 13. Stahl aus zusammengeschmolzenem Roheisen und Stabeisen (Martin-Stahl) 14
§. 14. Der Cementstahl, oder Stahl aus Stabeisen 15
§. 15. Das Gärben oder Raffiniren des Stahles —
§. 16. Der Gussstahl 16
§. 17. Das Härten des Stahles —

B. Das Kupfer.

§. 18. Die wichtigsten Erze und das Ausbringen derselben 17
§. 19. Die Verarbeitung und Verwendung des Kupfers 18

C. Das Blei.

§. 20. Das Ausbringen der Bleierze —
§. 21. Die Verarbeitung und Verwendung des Bleies 19

D. Das Zink.

§. 22. Das Ausbringen der Zinkerze —
§. 23. Die Verarbeitung und Verwendung des Zinks 20

E. Das Zinn.

§. 24. Das Ausbringen des Zinnerzes 21
§. 25. Die Verarbeitung und Verwendung des Zinns —

F. Metall-Legirungen.

§. 26. Legirungen aus Kupfer und Zink 22
§. 27. Legirungen aus Kupfer und Zinn —
§. 28. Legirungen aus Kupfer, Zinn, Zink und Blei —
§. 29. Legirung aus Kupfer, Nickel und Zink 23
§. 30. Gold- und Silberlegirungen —
§. 31. Das Vergolden, Versilbern und Vernickeln —

Zweiter Abschnitt.

Die Festigkeit der Materialien.

I. Die absolute Festigkeit.

§. 32. Vorbemerkungen 25
§. 33. Die Zugfestigkeit oder absolute Festigkeit gegen Zug 26
§. 34. Die Druckfestigkeit oder die absolut rückwirkende Festigkeit 30
§. 35. Die Abscheerungsfestigkeit oder Schubfestigkeit —

II. Die relative Festigkeit.

Seite

§. 36. Die elastische Linie, die neutrale Axe und die Biegung der Linien 31
§. 37. Theorie des Widerstandes der Körper gegen Biegung, Trägheitsmoment und Widerstandsmoment . —
§. 38. Trägheitsmomente und Widerstandsmomente für verschiedene Querschnitte 33
§. 39. Tragfähigkeit der einseitig eingespannten Balken 38
§. 40. Tragfähigkeit der Balken auf zwei Stützen 40
§. 41. Tragfähigkeit der fest eingespannten Balken 45
§. 42. Balken von gleicher Widerstandsfähigkeit gegen Bruch —
§. 43. Tragfähigkeit der Balken auf drei oder mehr Stützen 46

III. Die zusammengesetzt rückwirkende Festigkeit.

§. 44. Die Festigkeit bei centrischer Belastung 51
§. 45. Festigkeit bei excentrischer Belastung . 55

Dritter Abschnitt.

Die Verbindung der Metalle.

I. Nietverbindungen.

§. 46. Ausführung der Nietverbindungen . 56
§. 47. Festigkeit der Nietverbindungen . 59

II. Schraubenverbindungen.

§. 48. Construction und Festigkeit der Schraubenbolzen 62
§. 49. Ausführung der Schraubenbolzen und Muttern 67

III. Röhrenverbindungen.

§. 50. Muffenverbindungen . 68
§. 51. Flantschenverbindungen . 72
§. 52. Röhrenverschraubungen . 74

IV. Schweiss- und Löthverbindungen.

§. 53. Das Schweissen des Eisens und Stahls . 76
§. 54. Verbindung der Metalle durch Löthen . —

Vierter Abschnitt.

Construction der Träger und Säulen.

I. Armirte Träger.

§. 55. Ausführung der armirten Träger . 79
§. 56. Bestimmung der Spannungen in den armirten Trägern 80

II. Gewalzte Träger.

§. 57. Verwendung der Eisenbahnschienen . 82
§. 58. Die I-, ⊏- und T-förmigen Träger . 83

III. Blechträger.

§. 59. Construction der Blechträger . 86
§. 60. Stossverbindungen der Verticalwand und der Gurtung 87
§. 61. Dimensionen und Tragfähigkeit der Blechträger 90

IV. Gitter- oder Fachwerkträger.

§. 62. Die verschiedenen Systeme der Gitterträger 93
§. 63. Construction der Gitterträger . 97
§. 64. Berechnung der Spannungen in den Fachwerkträgern mit parallelen Gurtungen . 105
§. 65. Berechnung der Spannungen in den Fachwerkträgern mit gekrümmten Gurtungen 119

V. Säulen.

§. 66. Säulen aus Eisen als reine Constructionsglieder 128
§. 67. Säulen aus Eisen als architektonische Kunstform 136

Fünfter Abschnitt.

Construction der Dächer.

I. Dachconstructionen aus Holz und Eisen.

§. 68. Eintheilung und Höhe der Dächer . 153
§. 69. Grösse der permanenten und veränderlichen Dachbelastung 155
§. 70. Construction der Pultdächer aus Holz und Eisen 157
§. 71. Construction der Satteldächer aus Holz und Eisen 160

II. Dachconstructionen aus Schmiedeeisen.

Seite

§. 72. Construction der Pultdächer aus Eisen 172
§. 73. Construction der Satteldächer aus Eisen 177
§. 74. Construction der Walmdächer aus Schmiedeeisen 202
§. 75. Construction der Zeltdächer resp. Kegeldächer aus Schmiedeeisen —
§. 76. Construction der gothischen Dächer aus Schmiedeeisen 209
§. 77. Construction der eisernen Thürme 212

III. Glocken und Glockenstühle.

§. 78. Construction der Glocken 226
§. 79. Construction der Glockenstühle 231

IV. Bahnhofshallen.

§. 80. Verschiedene ausgeführte Bahnhofshallen 233
§. 81. Die ästhetische Ausbildung der Eisenconstructionen zur Ueberdeckung grosser Hallen 250

V. Eiserne Kuppeldächer.

§. 82. Ausgeführte eiserne Kuppeldächer 253
§. 83. Statische Berechnung der Kuppeldächer 265

VI. Dacheindeckungen.

§. 84. Zinkblech- und Zinkguss-Eindeckungen 272
§. 85. Eisenblecheindeckungen 277
§. 86. Ziegel- und Cementplattendächer 280
§. 87. Eindeckung der Schieferdächer 282
§. 88. Eindeckung der Pappdächer 285
§. 89. Eindeckung der Holz-Cement-Dächer 287
§. 90. Glaseindeckungen 290
§. 91. Construction der Dachrinnen und Abfallrohre 293

VII. Statische Berechnung der Dachconstructionen.

§. 92. Spannungen in den Bindern der Pultdächer 297
§. 93. Spannungen in den Bindern der Satteldächer 302

Sechster Abschnitt.

Construction der Decken.

I. Decken aus Holz und Eisen.

§. 94. Deckenconstructionen aus Holz 311
§. 95. Construction der Fussböden 313
§. 96. Bestimmung der Stärke hölzerner Balken 320
§. 97. Holzdecken von armirten Trägern unterstützt 321
§. 98. Deckenconstructionen mit eisernen Trägern und hölzernen Balken 322

II. Feuersichere Decken aus Eisen und Stein.

§. 99. Französische Deckenconstruction 326
§. 100. Gewölbte Decken zwischen I-förmigen Trägern —
§. 101. Decken aus Buckelplatten oder gebogenem Bleche zwischen gewalzten Trägern . 331
§. 102. Unterstützung der oberhalb einer Decke oder Schaufensteröffnung auszuführenden massiven Mauern 332

III. Decken mit Oberlicht.

§. 103. Oberlicht in den Sälen der Gemälde-Gallerien 337
§. 104. Oberlicht in den Sälen, Vestibulen und Treppenhäusern 339

Siebenter Abschnitt.

Gallerien, Balkons und Erker.

§. 105. Construction der Gallerien 343
§. 106. Construction der Balkons 346
§. 107. Construction der Erker 348

Achter Abschnitt.

Gebäude, welche grösstentheils aus Eisen hergestellt werden, wie Markthallen, Gewächshäuser, Vorbauten und öffentliche Pissoirs.

§. 108. Construction der Markthallen 351
§. 109. Viehmarkthallen und Schlachthäuser 359
§. 110. Construction der Gewächshäuser 364
§. 111. Construction der Wintergärten 375
§. 112. Eiserne Thürvorbauten und Veranden 382
§. 113. Pissoirs an öffentlichen Plätzen grosser Städte 383

Neunter Abschnitt.

Eiserne Treppen und Aufzüge oder Fahrstühle.

Seite

§. 114. Steigungsverhältniss und Grundrissform der Treppen 385
§. 115. Construction der eisernen Treppen . 387
§. 116. Construction der Aufzüge oder Fahrstühle 400
§. 117. Construction der hydraulischen Aufzüge 403

Zehnter Abschnitt.

Metallconstructionen an Thüren und Fenstern.

§. 118. Thürbeschläge . 409
§. 119. Construction der Schiebethüren . 416
§. 120. Fensterbeschläge, Fensterverschlüsse und eiserne Fenster 418

Elfter Abschnitt.

Gasbeleuchtung und Wasserleitung.

§. 121. Gasbrenner, Druckregulator und Weite der Rohrleitung 425
§. 122. Anzahl der Gasflammen zur Erleuchtung eines Raumes 429
§. 123. Wasserleitung und Wasserklosets, Badeeinrichtung etc. —
§. 124. Brunnenanlagen und Pumpen . 439

Zwölfter Abschnitt.

Heizung und Ventilation.

I. Heizung.

§. 125. Allgemeines aus der Wärmelehre, Roste und Schornsteine 448
§. 126. Zimmeröfen, Kamine, Kanalheizung und Kochheerde 454
§. 127. Centralheizungen . 464
§. 128. Vergleichung der Centralheizsysteme in Bezug auf ihre Zweckmässigkeit 484

II. Ventilation.

§. 129. Geschichtliche Vorbemerkungen über Ventilation 489
§. 130. Erforderliche Menge der frischen Luft 490
§. 131. Mittel zur Ab- und Zuführung der Luft, oder Systeme der Ventilation 491

Dreizehnter Abschnitt.

Blitzableiter und Haustelegraphen.

§. 132. Regeln zur Anlage von Blitzableitern . 509
§. 133. Die verschiedenen Systeme der Haustelegraphie 513

Vierzehnter Abschnitt.

Fenstergitter, Thüroberlichte, Geländer und Einfahrtthore.

§. 134. Schmiedeeiserne Fenstergitter und Thürfüllungen 516
§. 135. Geländer und Einfriedigungsgitter . 518
§. 136. Eingangs- und Einfahrtthore . 519

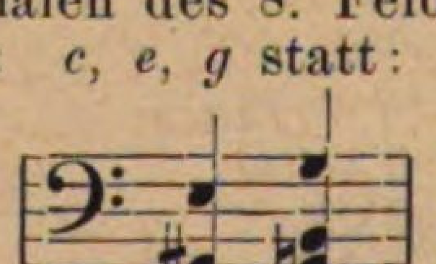
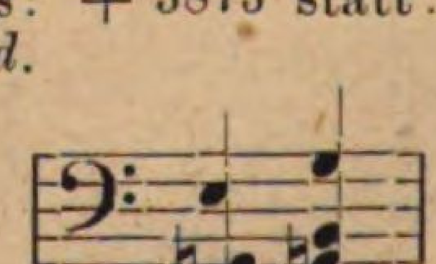
Fünfzehnter Abschnitt.

Sammlung von Tabellen.

I. Maass- und Gewichtssysteme und Tabellen 522
II. Gewichts-Tabellen der Metalle . 524
III. Specifische Gewichte einiger Materialien 526
IV. Kreisflächeninhalts-Tabelle . 527

Druckfehler.

Seite 16 Zeile 13 von oben lies: Huntsmannstahl statt: Huntmannstahl.
,, 27 ,, 4 ,, unten ,, auf statt: anf.
,, 28 Tabelle Spalte 3 Zeile 2 von oben liess: Praxis statt: Pruxis.
,, 39 Zeile 3 von unten lies: Trägerdimensionen statt: Trägeraimensionen.
,, 42 ,, 9 ,, ,, zweite Spalte lies: $Q'' = {}^7/_8\,Q$ statt: $O'' = {}^7/_8\,Q$.
,, 43 ,, 17 ,, ,, lies: Druck *R* statt: Druck *E*.
,, 53 ,, 17 ,, oben lies: ist statt: sit.
,, 111 Fig. 199 in der Diagonalen des 8. Feldes lies: + 3873 statt: — 3873.
,, 229 Zeile 5 von oben lies: *c, e, g* statt: *c, e, d*.

,, 229 ,, 8 ,, ,, ,,  statt: 

Erster Abschnitt.

Die Gewinnung und Verarbeitung der Metalle.

A. Das Eisen.

I. Roheisen-Fabrikation.

§. 1. Die wichtigsten Erze.

Das Eisen kommt nicht **gediegen**, d. h. im metallischen Zustande in der Natur vor, sondern es findet sich in Verbindungen mit Sauerstoff, Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor, Arsenik, Mangan und andern Stoffen. Solche Verbindungen nennt man **Eisenerze.**

Die vorzüglichsten Erze sind:

a) Verbindung des Eisens mit Sauerstoff: **Magneteisenstein** mit ca. 72% Eisen; er findet sich hauptsächlich in Schweden, Norwegen, Russland und Mexiko vor.

Glaskopf oder **Blutstein** mit ca. 68% und **Rotheisenstein** oder **Eisenglanz** mit ca. 56% Eisen. Die beiden letzteren Erze kommen am Harz, in der Lahngegend, in Sachsen, auf der Insel Elba und in Nordamerika vor.

b) Verbindung des Eisens mit Sauerstoff, Kohlenstoff und Mangan:

Spatheisenstein mit ca. 45% Eisen, wird in verschiedenen Gegenden Deutschlands, am Harz, in Thüringen, Nassau, Kärnthen etc. gefunden. Ist der Spatheisenstein noch mit Thon gemengt so heist er **Thoneisenstein**, mit Kohle gemengt **Kohleneisenstein** oder **Blackband.** Der Thoneisenstein kommt oft in kugeligen Varietäten vor und heisst dann **thoniger Sphärosiderit.** Er findet sich vorzüglich in England und eignet sich wegen seiner Reinheit von Phosphor und Schwefel sehr gut zur Erzeugung von Schmiedeeisen und Stahl. Der Kohleneisenstein wird hauptsächlich in Westfalen und Schottland in den untersten Schichten der Steinkohlenformation gefunden.

Die Erze welche auch noch Schwefel, Phosphor und Arsenik enthalten, sind weniger gut, weil sie die guten Eigenschaften des Eisens alteriren. Solche Erze sind **Brauneisenstein** mit ca. 58% Eisen mit Zusatz von Kalkerde und Kieselsäure, und **Gelbeisenstein** mit ca. 56% Eisen und Beimengung von Thon. Eine Varietät dieser Erze sind die **Bohnerze** oder **Linsenerze**, mit ca. 45% Eisen, nach ihrer linsenförmigen Gestalt benannt; sie werden in Frankreich und im südwestlichen Deutschland häufig in der Juraformation gefunden.

Der **Raseneisenstein**, auch Wiesenerz oder Sumpferz genannt, enthält ca. 30% Eisen und kommt im nördlichen Deutschland und im südlichen Schweden unter dem Rasen der Wiesen vor, wo er sich aus dem Wasser bildet, welches kohlensaures Eisenoxyd aufgelöst enthält. Er liefert ein dünnflüssiges Eisen, was aber zur Stabeisenfabrikation wegen seines Phosphorgehaltes nicht gut geeignet ist.

§. 2. Vorbereitung der Erze zum Schmelzen.

Bevor die Erze geschmolzen werden, unterliegen sie dem sogenannten **Röstprocesse.** Das **Rösten** geschieht entweder in **Rösthaufen**, in **Schachtröstöfen** oder in **Flammröstöfen.**

Der Zweck des Röstens ist das Mürbemachen der Erzstücke und das Austreiben flüchtiger Stoffe, wie z. B. Schwefel, Arsenik, Kohlensäure und Wasser.

Beim Rösten in Haufen schüttet man die Eisenerze mit Zwischenlagen von Brennmaterial ca. 2 Meter hoch auf ein $^3/_4$ bis 1 Meter hohes Bett von Holzscheiten und Steinkohlen und zündet den Haufen an.

Kohleneisenstein brennt in Folge seines Kohlengehaltes beim Rösten von selbst fort, ohne weiteres Brennmaterial.

Die Dauer der Röstung ist mindestens 8 Tage, dabei bleiben Schwefel und Arsenik haltige Erze noch 1 Jahr in Haufen liegen, damit der Schwefel auswittert. Die so mürbe gemachten Erze werden nun durch Stempel- oder Hammerpochwerke, oder durch Quetschwerke zerkleinert und erhalten vor dem Schmelzen noch sogenannte **Zuschläge** beigemengt. Dieses sind Flussmittel aus Kalk, Flussspath, Quarz oder Thon bestehend. Es ist nämlich nöthig, dass das flüssig werdende Eisen im Ofen durch eine ebenfalls flüssig werdende Schlacke vor der Einwirkung des Sauerstoffs der Gebläseluft geschützt werde, ausserdem entfernen aber die chemischen Bestandtheile der schlackenbildenden Zuschläge noch Phosphor, Schwefel und Arsenik aus dem Eisen. Die gewöhnlichsten Zuschläge bestehen aus Kalk und werden in solcher Menge mit den Erzen gemischt oder **gattirt**, dass die Gattirung 30 bis 45% Eisen enthält. Dieses Gemenge heisst die **Beschickung**, aus welcher durch Schmelzen im Hochofen das **Guss-** oder **Roheisen** gewonnen wird.

§. 3. Der Hochofen und das Schmelzen der Erze.

Die Construction der älteren Hochöfen mit einem Mantel aus **Rauhmauerwerk** ist in Fig. 1*a* im Querschnitte und im Grundrisse dargestellt. Vom Zufuhrwege *a* her wird das Brennmaterial (Holzkohle oder Coaks) und die Erze schichtenweise in die obere Oeffnung oder **Gicht** *b* eingetragen, dann das Brennmaterial von unten angezündet, welches nun von der durch zwei, drei, oder bei **schottischen** Hochöfen Fig. 1*b* bis durch sieben Düsen *h* einströmenden Gebläseluft in Glut gesetzt wird. Die Beschickung rutscht durch den **Schacht** *c*, dessen weitester Theil der **Kohlensack** heisst, auf die **Rast** *d* und in das **Gestell** *e*. Indem die Beschickung zwischen den Kohlenschichten im Ofenschachte herabrutscht, wird Wasser und Kohlensäure ausgetrieben, und weiter unten im Schachte wird das Eisenerz durch die zuströmende Gebläseluft, die im Feuerraume, unter Einwirkung der Kohle, erst zu Kohlensäure und dann zu Kohlenoxyd wird, durch dies letztere Gas vom Sauerstoffe befreit oder **reducirt**, bis in der Gegend der Düseneinmündung die eigentliche **Schmelzung** vor sich geht. Das geschmolzene Eisen sammelt sich im untersten Theile des Ofens, im **Herde** *f*, von wo es alle 12 bis 24 Stunden mittelst einer in Sand geformten Rinne, durch die im **Wallsteine** befindliche Abstichöffnung *g* abgelassen wird.

Fig. 1^a. Hochofen.

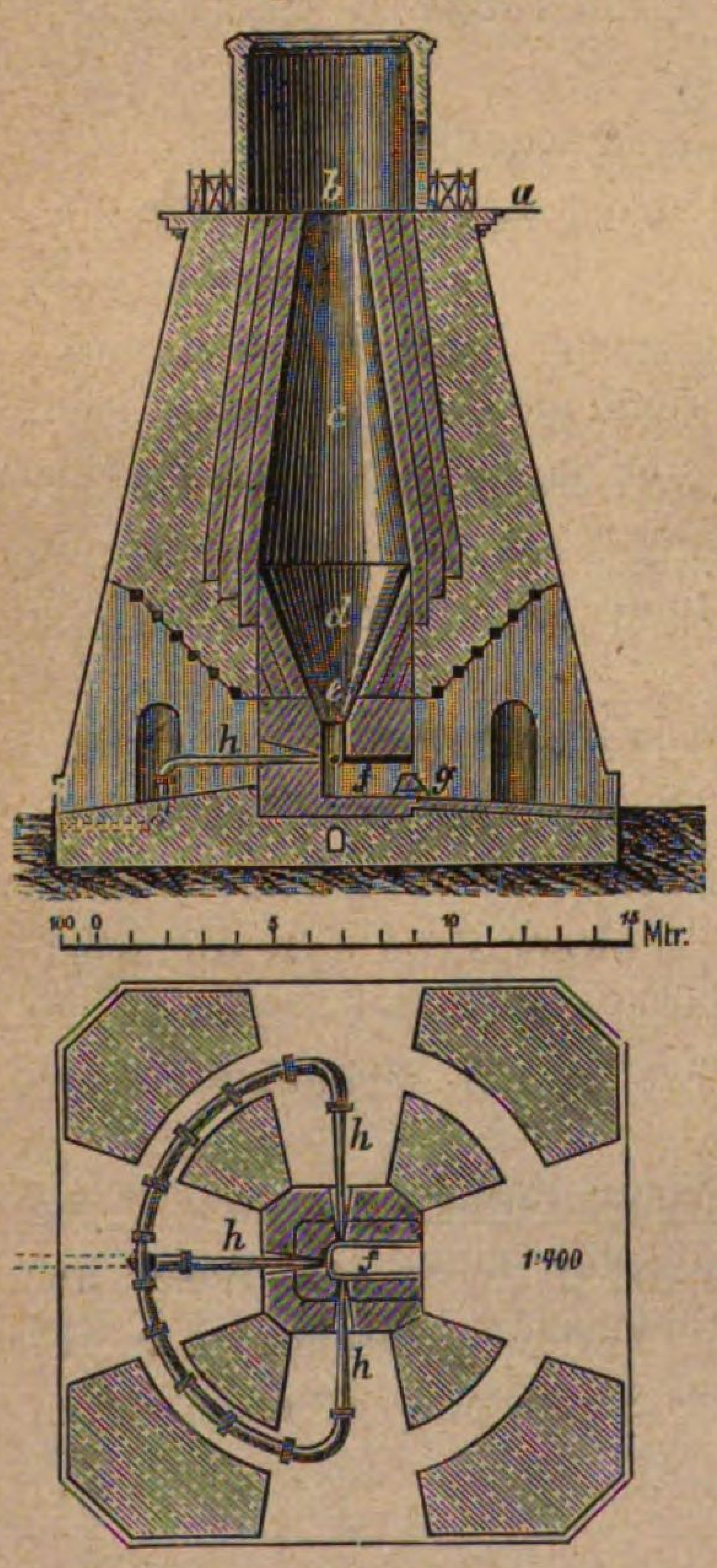
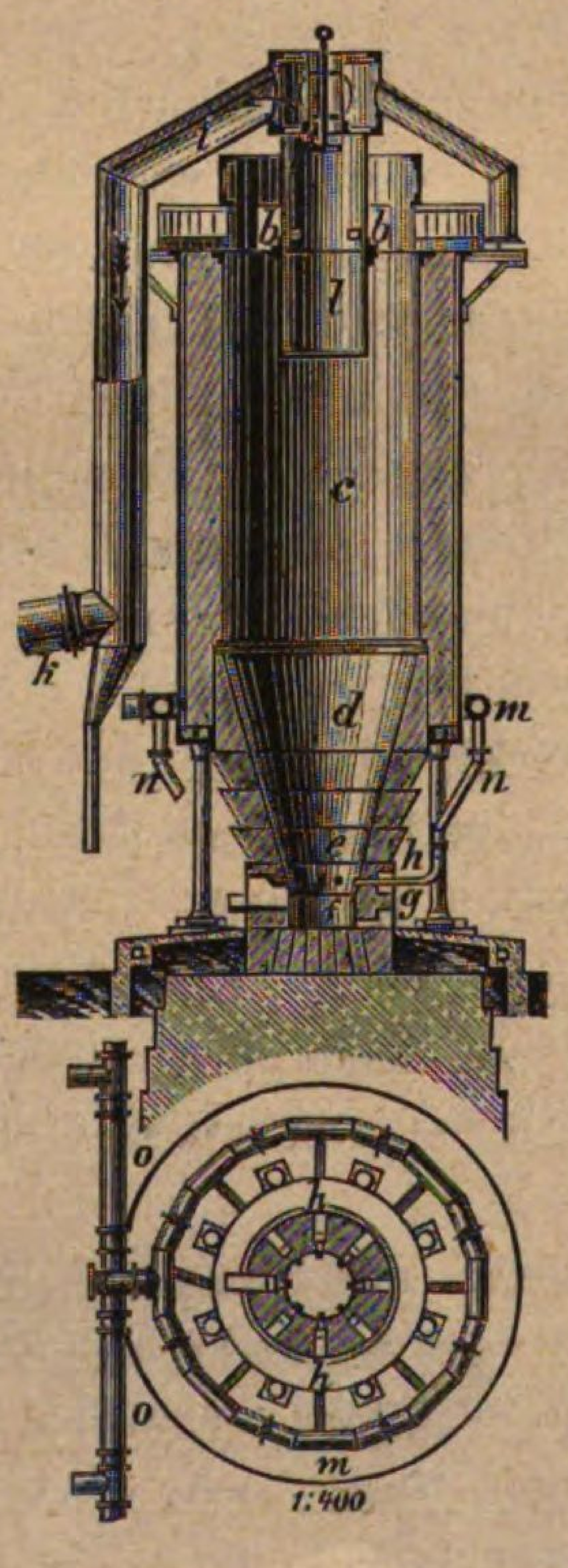


Fig. 1^b. Schottischer Hochofen.



Die bei der Schmelzung entstehenden Schlacken sind specifisch leichter als das geschmolzene Eisen und bedecken dasselbe, wodurch die Oxydation an der Luft verhindert wird; sie fliessen oberhalb des flüssigen Eisens unausgesetzt ab. Der Betrieb der Hochöfen ist ununterbrochen; erst nach jahrelangem Betriebe, wenn das Innere des Ofens schadhaft geworden ist, wird derselbe geleert und reparirt; eine solche Betriebsperiode nennt man **Campagne.** Die Höhe der Holzkohlenhohöfen ist 8 bis 11 Meter, der Coakshohöfen 12 bis 18 Meter. Das Innere der Oefen muss aus sehr feuerfestem Material hergestellt sein. In neuerer Zeit werden meistens schottische Hochöfen*) nach der Form Fig. 1 *b* ausgeführt. Hierbei wird das Rauhmauerwerk durch einen Mantel aus Eisenblech ersetzt und ruht der Ofen selbst auf 8 eisernen Säulen. Durch diese Anordnung wird die Reparatur des unteren Ofentheiles wesentlich erleichtert, indem man von allen Seiten freien Zugang hat. Die einzelnen Buchstaben bezeichnen dieselben Theile wie in der vorhergehenden Figur, nur ist noch *l* ein in dem Ofenraum hängendes Rohr, welches die abziehenden Gase auffängt und dieselben durch drei Röhren *i* und weiter durch *k* zu den Feuerungen der Windwärmapparate und der Dampfkessel führt, wo sie mit Vortheil verbrannt werden. Durch das Rohr *o* gelangt der erwärmte Wind in das um den Ofen führende Vertheilungsrohr *m* und von hier durch die Röhren *n* und durch die Düsen *h* in den Ofen.

Das im Hohofen gewonnene **Guss-** oder **Roheisen** ist verschieden, je nach den Bestandtheilen der Erze und Zuschläge und je nach der Führung des Ofenbetriebes. Durch Kohlenstoffaufnahme aus den Verbrennungsgasen, kann bei überreicher Aufnahme **graues** Roheisen, bei unzureichender Aufnahme von Kohlenstoff aber **weisses** Roheisen entstehen, wie man auch alle möglichen Zwischenstufen unwillkürlich erzeugen kann. Das **graue** Roheisen ist leichtflüssig, zähe, und lässt sich mit Meisel und Feile bearbeiten; das **weisse** Roheisen dagegen ist schwerflüssig, hart und spröde. Weisses und graues Roheisen gemengt, nennt man **halbirtes** Roheisen. Die kohlenstoffreichste und weisseste chemische Verbindung des weissen Roheisens heisst **Spiegeleisen** oder Rohstahleisen, weil es vorzugsweise zur Darstellung des Stahls verwendet wird.

Beim Hochofenbetrieb wird viel Gusseisen direct zu Gusswaaren verwendet, zu welchem Zwecke das flüssige Eisen mittelst der Sandrinne vom Ofen in die Formen geleitet wird, oder es wird mit Giesspfannen aus dem Ofen genommen und in die Formen gegossen. Das übrige Eisen wird in Muldenform als Masseln ausgegossen, und später zu Gusswaaren im **Kupolofen** umgeschmolzen, oder durch den **Frischprocess** im **Frischfeuer** oder in **Puddelöfen** zu Schmiedeeisen verwandelt.

II. Eisengiesserei-Betrieb.

§. 4. Das Formen der Gusswaaren und die Modelle.

Die Materialien woraus man die Gussformen herstellt, sind: **Sand, Masse** und **Lehm.** Der **Formsand** wird am meisten als Formmaterial verwendet; er ist ein feiner mit etwas Thonerde und ein wenig Kohlenpulver gemengter Sand von geringer Bildsamkeit. Wird dem Formsande soviel Thonerde zugesetzt, dass er bei ca. 300 Grad erhärtet, so nennt man das Formmaterial **Masse.** Die Masseformerei ist nur dadurch von der Sandformerei verschieden, dass man die Formen in der **Trockenkammer** trocknen kann, wodurch die Entwickelung von Wasserdämpfen beim Giessen vermieden wird, ausserdem kann der Formsand als Masse viel fester eingestampft werden, wodurch die feineren Theile der Form mehr Haltbarkeit bekommen. Der **Formlehm** besteht aus gutem kalkfreien Töpferthon, dem etwas Formsand und ca. $1/4$ seines Volumens Pferdemist oder Kuhhaare beigemengt ist, damit er porös wird und mehr innern Zusammenhang erhält.

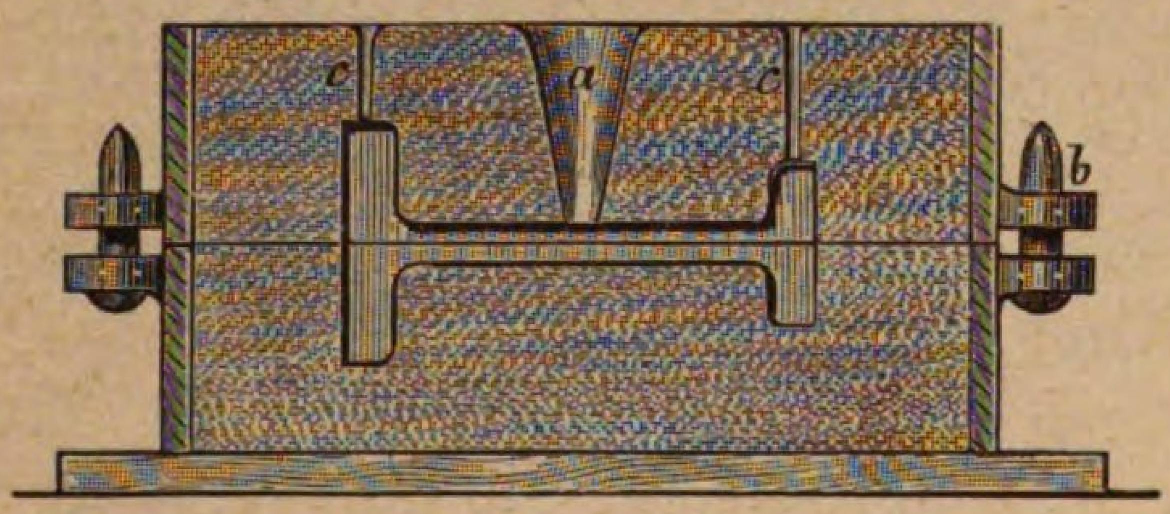
*) Zeitschr. des Architekten- und Ingenieur-Vereins in Hannover, Jahrgang 1871. S. 310.

Man unterscheidet in der Formerei: **Herdformerei**, **Kastenformerei** und **Lehmformerei.**

Bei der **Herdformerei** bildet die Sohle der Giesshütte, welche bis zu etwa 0,4 Meter Tiefe aus Formsand besteht, den Herd. In diesen wird das Modell eingedrückt und mit Hülfe der Setzwage wagerecht gelegt, so dass das eingegossene Metall von selbst eine ebene Oberfläche annimmt. Diese Art der Formerei dient nur zur Erzeugung grober Gussstücke, wie Fundamentplatten etc.

Die feineren Gusstheile der Hochbauconstructionen werden mittelst der **Kastenformerei** hergestellt. Die **Formkasten** bestehen aus Unter- und Oberkasten, oder nach Bedürfniss aus mehreren Theilen, entweder aus Holz oder aus Gusseisen; sie sind mit Handgriffen oder mit Zapfen versehen, mittelst welcher sie in die Ketten des Giessereikrahnes gehängt werden, um sie transportiren und mit Leichtigkeit auseinandernehmen zu können. Fig. 2 zeigt einen Formkasten im Querschnitte, worin ein Träger eingeformt gedacht ist. Das Modell des Trägers besteht aus Holz und ist in zwei Hälften getheilt, welche genau zusammenpassen und durch hölzerne oder eiserne Stifte unverschiebbar auf einander gehalten werden. Beim Formen füllt man die untere Hälfte des Kastens mit Formsand, stampft diesen fest, drückt die eine Modellhälfte ein und streicht den Sand in gleicher Höhe mit der Oberkante des Unterkastens ab. Die geebnete Sandfläche wird nun mit Kohlenpulver bestreut, wodurch man das Zusammenkleben der beiden Sandflächen verhindert, und die obere Modellhälfte aufgelegt; hierauf bringt man den leeren Oberkasten über die Führungsstifte *b b* und stampft diesen Kasten voll Sand. Nachdem dies geschehen ist, wird der Formkasten wieder aus einander genommen, das Modell aus demselben entfernt und der Kasten wieder vorsichtig zusammengesteckt. Bei *a* ist eine Eingussöffnung angebracht, durch welche man das geschmolzene Eisen in die Form giesst; *c c* sind kleine Canäle, sogenannte Windpfeifen, aus welchen das in der Form sich entwickelnde Wasserstoffgas und die atmosphärische Luft beim Eingiessen des Eisens entweichen können. Nachdem die Form gefüllt und abgekühlt ist, nimmt man den Kasten auseinander und schlägt das Gussstück heraus, womit dann natürlich die Form wieder zerstört ist.

Fig. 2. Formkasten.



Die **Lehmformerei** wird gewöhnlich nur bei hohlen Gussstücken wie Dampfcylinder etc. angewendet, wo man das kostspielige Holzmodell ersparen will, indem hier kein solches erforderlich ist. In der Lehmformerei unterscheidet man drei Theile, den **Kern**, das **Hemd** und den **Mantel.** Bei grossen Gussstücken besteht der **Kern** aus Mauerwerk, welches mit Lehm überzogen ist, oder bei kleineren aus einer durchlöcherten schmiedeeisernen Röhre die mit Strohseilen und Lehm umwickelt wird. Die Form des Kernes bildet man bei runden Stücken durch Umdrehung an einer festen Schablone. Das **Hemd** vertritt die Stelle des Holzmodelles und wird als Lehmschicht von der Dicke der Wandstärke des Gussstückes auf den Kern aufgetragen. Ueber dieses Hemd bildet man den **Mantel** durch Auftragen einer andern Lehmschicht, die man mit einem festen, mit Gyps übergossenen, Mauerkörper umgiebt. Nachdem der Mantel hergestellt und die Form auseinander genommen ist, wird das Hemd vom Kerne entfernt und darauf die Form wieder sorgfältig zusammengesetzt und getrocknet. Der Raum den das Hemd eingenommen hatte, wird nun mit Eisen ausgegossen und bildet das betreffende Gussstück. Wie bei der Kastenformerei muss auch hier die Form nach jedem Gussstücke zerstört werden.

Will man den zu giessenden Gegenständen eine sehr harte und glatte Oberfläche geben, so werden sie in gusseiserne Formen oder **Schaalen** (Coquillen) gegossen, wodurch die Oberfläche plötzlich erstarrt oder **abschreckt.** Hartwalzen für Eisenwalzwerke und gegossene Eisenbahnwagenräder werden so hergestellt.

Die Modelle zur Herd- und Kastenformerei stellt man meistens aus Holz her und eignet sich hierzu am besten ein weiches, leichtes und trockenes Holz, was dem Werfen

und Reissen weniger ausgesetzt ist. Tannen-, Kiefern-, Erlen-, Linden- und Kastanienholz wird gewöhnlich verwendet. Das Modell muss in so viele einzelne Theile zerlegt werden, dass sich jeder Theil leicht aus dem Formsande herausheben lässt, dabei müssen aber alle Modelltheile genau auf einander passen, was in der Regel durch eingesetzte Holzstifte bewirkt wird. Die Oberfläche des Modelles muss möglichst glatt und vor den Einflüssen der Feuchtigkeit geschützt sein, weshalb es mit einer Auflösung von Schellack und Spiritus überstrichen wird.

Da das Eisen sich beim Erstarren zusammenzieht oder **schwindet**, so müssen die Modelle **grösser** sein, als das fertige Gussstück; die Zusammenziehung beträgt etwa $^1/_{96}$. Beim Anfertigen der Modelle verwendet man den sogenannten **Schwindmassstab**, d. i. ein Massstab, dessen Längentheilung um $^1/_{96}$ grösser ist, als diejenige des Normalmassstabes.

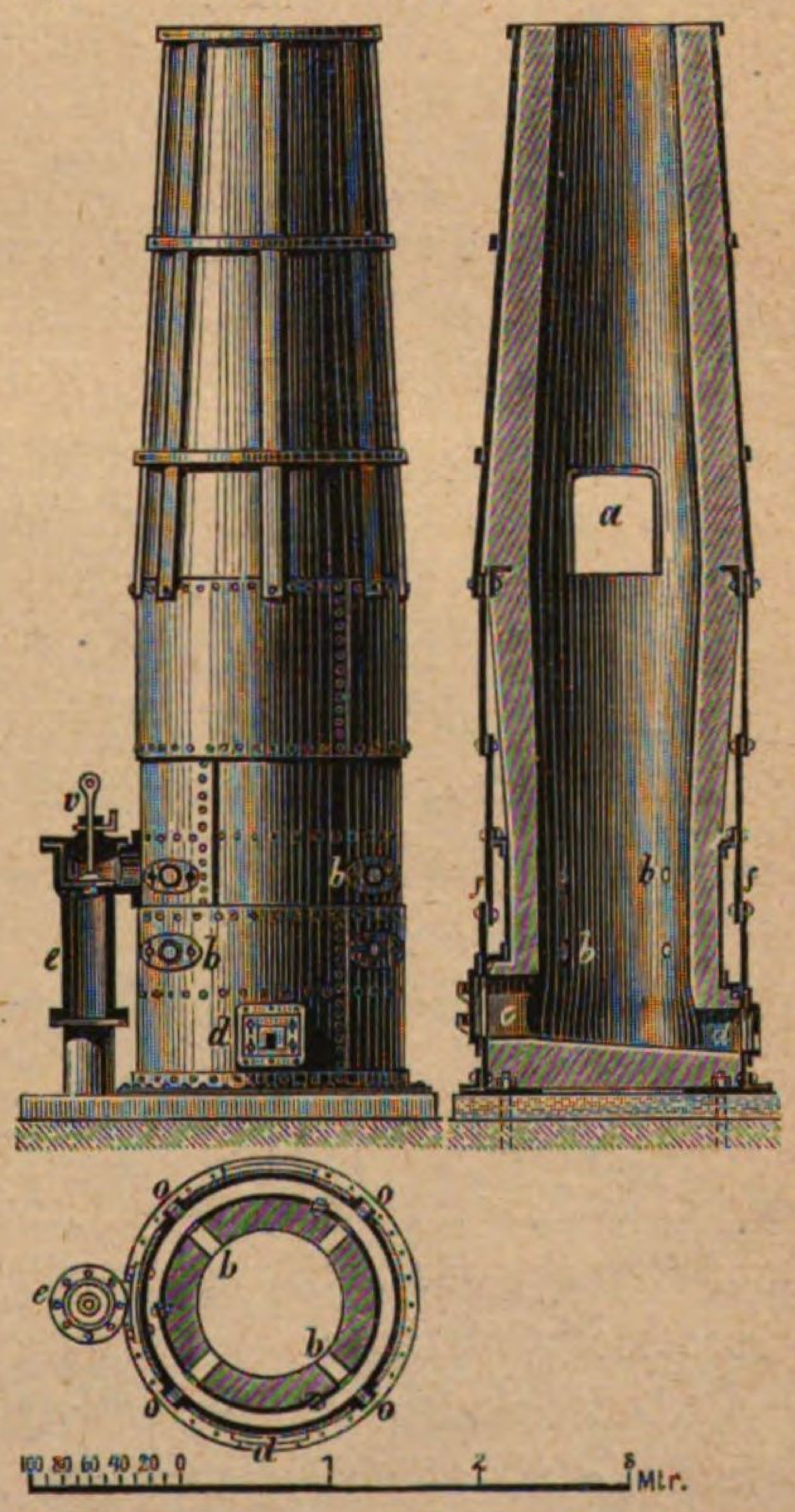
Um das ungefähre Gewicht des fertigen Gussstückes nach dem Gewichte des Modelles zu berechnen, multiplicire man das Modellgewicht, wenn es von Fichten- oder Tannenholz ist, mit 15; wenn es von Lindenholz ist, mit 14; und wenn von Erlenholz mit 12,8.

Sollen in einem Gussstücke Löcher und Aussparungen vorkommen, die nicht **direct** mit eingeformt werden können, so bezeichnet man die betreffenden Stellen am Modelle, der Form und Grösse nach, durch vorspringende **Kernmarken.** Der **Kern** wird dann in Formen, sog. **Kernbüchsen,** aus **Masse** eingestampft, gehörig getrocknet und in die betreffenden Löcher der Kernmarken gelegt, wodurch in dem Gussstück die gewünschten Höhlungen entstehen, aus denen der Kern entfernt wird.

§. 5. Das Umschmelzen und Giessen des Roheisens.

Das **Umschmelzen** des Roheisens geschieht bei kleinen Quantitäten in Tiegeln, bei grösseren Massen aber in Flammöfen oder in **Kupolöfen.** Flammöfen werden weniger angewendet; die Einrichtung derselben ist dem Puddelofen ähnlich (Fig. 5). Gewöhnlich benutzt man in den Eisengiessereien die Schacht- oder Kupolöfen, wie ein solcher in Fig. 3 in der Vorderansicht, im Durchschnitte und im Grundrisse dargestellt ist*). Der Ofen hat zwei sich diametral gegenüber befindliche Oeffnungen *a*, welche mit gusseisernen Rahmen eingefasst sind. Durch diese Oeffnungen werden die **Gichten** aufgegeben, so dass auf 600 Kilogr. Eisen 64 Kilogr. Coaks kommen, also ca. 10 % Brennmaterial verbraucht werden. Als Flussmittel für die Schlacken setzt man noch 2 bis 4 % Kalk zu.

Fig. 3. Schacht- oder Kupolofen.



Die Herdsohle des Ofens ist aus einem Gemenge von feuerfestem Thon, Formsand und gemahlenen Chamottesteinen aufgemauert und mit einem Mantel von 7^{mm} starkem Eisenblech umgeben; *d* ist die Abstichöffnung, *c* eine Oeffnung zum Reinigen des Ofens, die beide mit schmiedeeisernen Platten, welche mit einer feuerfesten Masse übersetzt sind, verschlossen werden. Das Rohr *e* leitet den Wind in den rings um den Ofen laufenden Windcanal *ff* und ist durch ein Ventil *v* zu verschliessen. Von dem Windcanal gehen die acht Windformen *b b* von 15 Centim. Durchmesser in den Ofen. Der Gang des Ofens kann von Aussen durch die Glasvisire *o o* beobachtet werden; zugleich dienen diese Oeffnungen aber auch zur Reinigung der Windformen, wenn dieselben durch Schlacken verstopft sind.

*) S. Uhland's praktischer Maschinen-Constructeur 1868. S. 375.

Der Schornstein des Ofens wird von schmiedeeisernen Bändern von 65mm Breite und 13mm Stärke zusammengehalten.

Dieser Kupolofen besitzt einen Fassungsraum von 3500 Kilogr. Eisen, unterhalb der ersten Windformenreihe, und es können bei einer Windpressung, die einer Wassersäule von 0,3 bis 0,4 Meter Höhe das Gleichgewicht hält, ca. 5000 Kilogr. Eisen in der Stunde umgeschmolzen werden*).

Das **graue** Roheisen eignet sich am besten zur Giesserei, weil es **dünnflüssiger** ist, als das **weisse**, es wird aber selten allein verwendet, sondern man setzt gewöhnlich die Hälfte **Brucheisen**, d. h. alte zerbrochene Gusswaaren, zu, indem dies billiger ist, als das neue Roheisen. Durch Zusatz von altem Schmiedeeisen wird die Festigkeit des umgeschmolzenen Roheisens vergrössert.

Nachdem das Eisen geschmolzen ist, wird es entweder direct, mittelst der Sandrinne aus dem Ofen in die Form geleitet, oder man lässt es aus dem Ofen in **Giesskellen** fliessen, die von einem Manne getragen und in die Form ausgegossen werden, oder auch es fliesst in grosse **Giesspfannen**, von 10 und mehr Centner Inhalt, welche in die Ketten eines Krahnes gehängt sind, wodurch sie bequem über die Eingussöffnungen der Form gebracht und durch Umkippen in die letzteren entleert werden können. Es muss darauf geachtet werden, dass das Eisen beim Giessen nicht zu **hitzig** ist, denn die Form wird um so mehr angegriffen, je höhere Temperatur das geschmolzene Eisen besitzt.

Indem das Eisen in die Form fliesst, entwickeln sich Wasserstoffgas, Kohlenwasserstoffgas und Wasserdämpfe, welche Gase durch die Windpfeifen ausströmen und durch brennende Hobelspäne oder Stroh angezündet und verbrannt werden.

Nachdem die Gusswaaren abgekühlt sind, werden sie aus der Form gehoben und **abgeputzt**, was darin besteht, dass die Eingüsse abgeschlagen und der eingebrannte Sand abgekratzt wird.

III. Stabeisen-Fabrikation.

§. 6. Das Weissmachen des Roheisens.

Das **Roheisen** enthält $3\frac{1}{2}$ bis 5 % Kohlenstoff und ist in Folge dessen durch Hämmern nicht dehnbar. Man verwandelt es in **Schmiedeeisen**, wenn man es so weit entkohlt, dass es nur noch $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ % Kohlenstoff behält. Dieses geschieht durch den **Frischprozess**, wobei die entsprechende Menge Kohlenstoff durch Oxydation aus dem Eisen entfernt wird. Zum **Frischen** verwendet man nur **weisses** Roheisen, wegen seines geringeren Kohlenstoffgehaltes, und wird das **graue** Roheisen vor dem Frischen in **weisses** umgewandelt.

Das **Weissmachen** des Roheisens lässt sich schon durch plötzliches Abkühlen des geschmolzenen Eisens in Wasser bewirken; oder auch durch Glühen unter Luftzutritt in den **Bratherden**, wobei ein Theil des Kohlenstoffes verbrennt. Am vollständigsten wird das Weissmachen aber durch Umschmelzen im **Hartzerrennherde**, oder im **Affinir-** oder **Feineisenfeuer** erreicht, wobei der **mechanisch** beigemengte Kohlenstoff des grauen Roheisens verbrannt wird.

§. 7. Der Frischprozess.

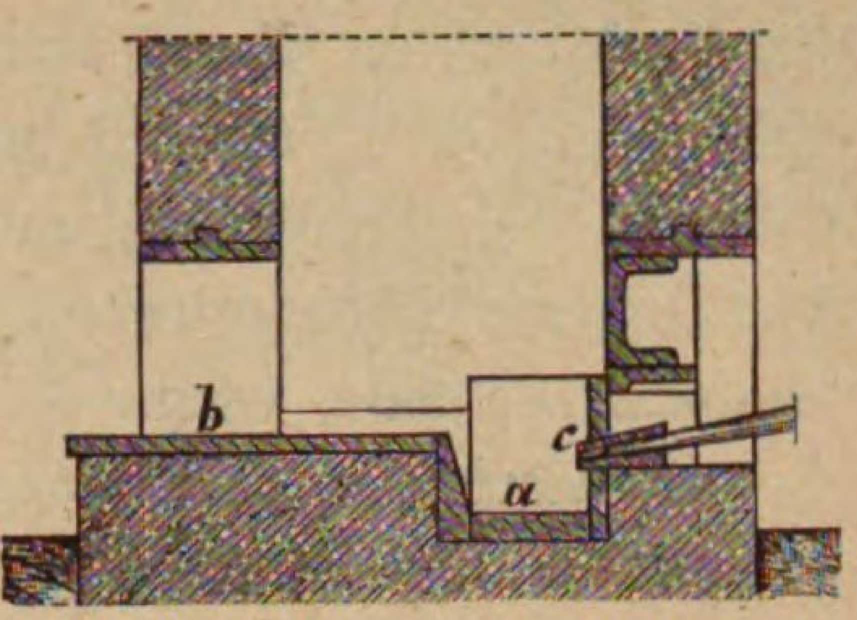
Die Erzeugung des Frischeisens geschieht entweder nach der **deutschen** Frischmethode auf **Herden**, oder nach der **englischen** Methode in Flammöfen, sog. **Puddlingsöfen**, oder nach **Bessemer**'s Methode.

Der **Frischherd**, Fig. 4, wird mit Holzkohlen betrieben; *a* ist der Feuerraum, *b* der Herd, *c* eine Düse, welche den Gebläsewind zuführt. Feuerraum und Herd sind mit gusseisernen Platten ausgelegt, welche **Zacken** genannt werden. Das Roheisen wird auf

*) Auf einen sehr zweckmässigen Kupolofen besitzt der Maschinenfabrikant Krigar in Hannover ein Patent.

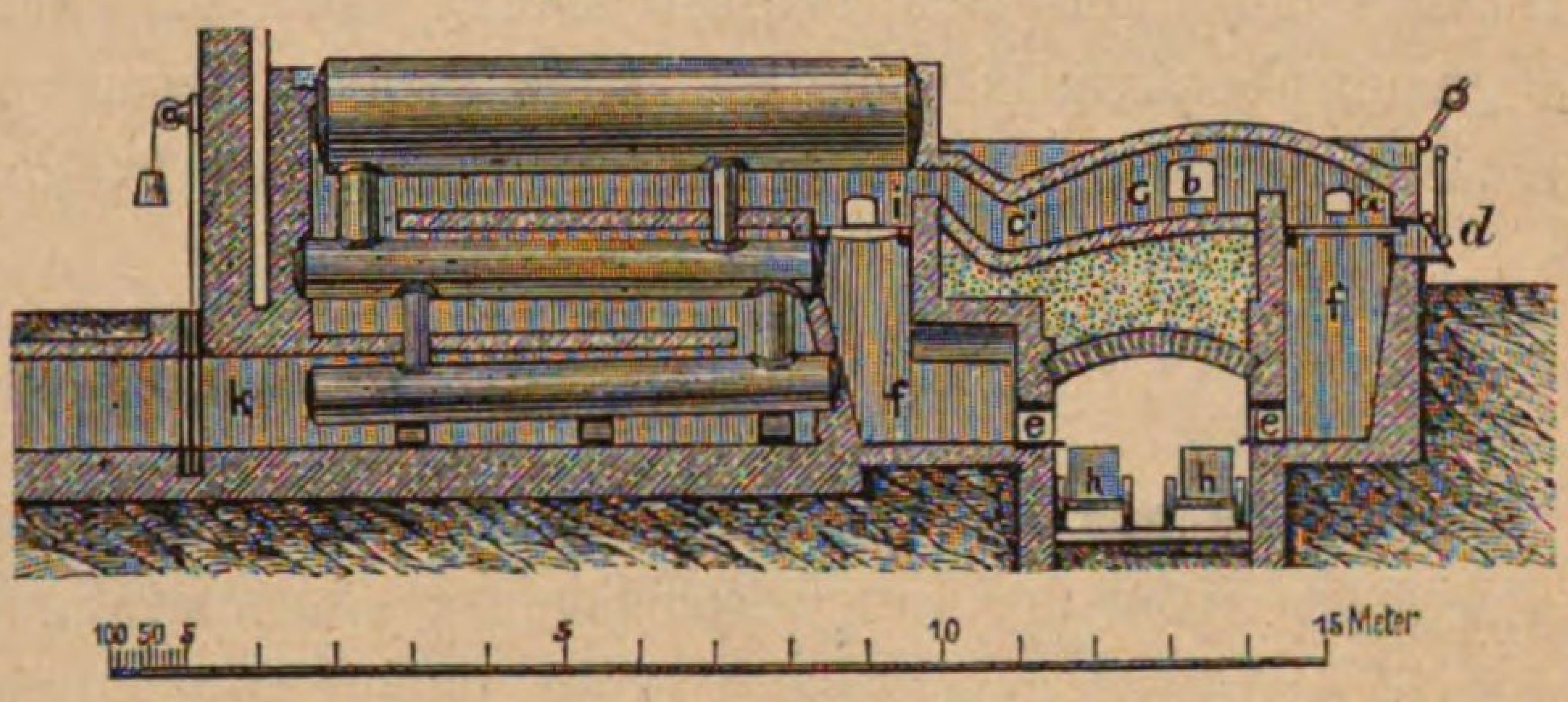
dem Herde *b* eingeschmolzen und in flüssigem Zustande dem Winde des Gebläses ausgesetzt, wodurch sich fortwährend Kohlenstoff des Roheisens mit dem Sauerstoffe der Gebläseluft verbindet und zu Kohlensäure verbrennt. Die teigartige Eisenmasse wird nun mehrmals **aufgebrochen**, gleichsam durchknetet und immer wieder vor die Gebläseluft gebracht, bis sie hinreichend entkohlt ist, dann wird sie gesammelt und zu einem Klumpen zusammengeballt, den man **Luppe** nennt. Diese Luppe wird unter den **Frischhammer** gebracht, dessen anfangs langsame, später schnellere Schläge die Schlacken und unreinen Theile herausquetschen. Der Einsatz zu einem Frischen ist $2^1/_2$ bis 3 Ctr. Roheisen, welche 72 bis 75 % Stabeisen liefern.

Fig. 4. Frischherd.



Die Puddelöfen sind Flammöfen, wie ein solcher in Fig. 5 im Längenschnitte dargestellt ist. *a* ist ein Rost, auf dem das Brennmaterial verbrannt wird; *b* eine Arbeitsöffnung zur Bedienung des Puddelherdes *c*; *d* eine Oeffnung zum Reinigen des Rostes. Hinter den Puddelöfen sind gewöhnlich die Dampfkessel zum Betriebe der Walzwerkmaschinen eingemauert, die von den abziehenden Gasen der Puddelöfen geheizt werden. Die Dampfkessel sind aber noch mit einem Reserveroste *i* versehen, der dann gefeuert wird, wenn die Puddelöfen ausser Betrieb sind. In dem Aschencanal stehen auf Eisenbahnschienen zwei Aschenwagen *h h*, welche aus den Oeffnungen *e e* die Asche von den Aschenfällen *f f* aufnehmen. Nachdem die Gase des Puddelofens den Kessel umspült haben, strömen sie durch den Canal *k*, der durch einen Schieber verschliessbar ist, in den Schornstein.

Fig. 5. Puddelofen.



Beim Betriebe der Puddelöfen werden ca. 3 bis $4^1/_2$ Ctr. Roheisen durch die verschliessbaren Arbeitsöffnungen *b* auf den Puddelherd *c* gebracht, die von dem Brennmaterial des Rostes *a* bis zum Weissglühen erhitzt werden. Sobald die Eisenmasse zu schmelzen beginnt, bringt der **Puddler** durch die Arbeitsöffnung eine hakenförmige Stange in den Ofen, womit er die Masse so lange umrührt, bis sie eine möglichst teigförmige Beschaffenheit erhält. Der Hitzegrad kann nun so regulirt werden, dass das Eisen nicht vollständig in Fluss kommt, sondern eine breiige Masse bleibt, die unter beständigem Durcharbeiten möglichst mit der Luft in Berührung gebracht wird. Hierbei entwickelt sich Kohlenoxydgas, welches mit blauer Flamme verbrennt. Indem das Eisen so nach und nach seinen Kohlenstoff abgiebt, wandelt es sich in Schmiedeeisen um, was durch seine **trockene**, sandige Beschaffenheit angezeigt wird. Nachdem der Frischprozess vollendet ist, bildet der Puddler von der Eisenmasse Ballen oder **Luppen** von 25 bis 45 Kilogr., verstärkt plötzlich die Hitze und zieht das Eisen, bevor es in Fluss kommt, mit einer Zange aus dem Ofen. Hierauf werden die Luppen unter Frischhämmern oder Quetschwerken von Schlacken gereinigt und zusammengeschweisst, was man das **Zängen** nennt. Der Eisenabgang beim Puddeln beträgt 6 bis 12 %.

Die Puddelöfen werden meistens mit Steinkohlen erhitzt, mitunter aber auch mit Braunkohlen, Torf und Holz. Auch Gasfeuerung wird in neuerer Zeit angewendet, wobei ein Generator (Gaserzeuger) die Stelle des Feuerraums vertritt. Die Gase werden beim Eintritt in den Ofen mit stark erhitzter atmosphärischer Luft gemischt und entzündet.

Schwefel und **Phosphor** im Roheisen sind bei der Stabeisen-Fabrikation sehr nachtheilig, denn schon $^1/_{100}$ % Schwefel macht das Eisen im rothglühenden Zustande brüchig, **rothbrüchig.** Phosphor ist freilich in kleinerer Beimengung, bis zu $^1/_4$ %, nicht schädlich,

kommt er aber in grösserer Menge vor, so ist das Eisen **kaltbrüchig** und daher zu technischen Zwecken nicht zu verwenden.

Beim Puddeln von schwefel- und phosphorhaltigem Roheisen lässt man überhitzten Wasserdampf von bestimmter Spannung durch die flüssige Eisenmasse strömen, wobei der Wasserdampf in **Wasserstoff** und **Sauerstoff** zerlegt wird. Der Wasserstoff verbindet sich hierbei mit dem Schwefel und Phosphor zu Schwefelwasserstoff und zu Phosphorwasserstoff, während der Sauerstoff an den Kohlenstoff des Eisens tritt und Kohlenoxydgas bildet. Das letztere Gas verbrennt mit bläulicher Flamme, die ersteren dagegen entweichen in Gasform aus dem Ofen.

Obgleich das Frischen auf Herden eine bessere Eisensorte liefert als die Puddelöfen, so werden die letzteren doch immer mehr angewendet, indem der Prozess rascher geht und man beim Puddeln die billigeren Steinkohlen verwenden kann.

Der **Bessemerprozess** soll bei der Stahl-Fabrikation besprochen werden.

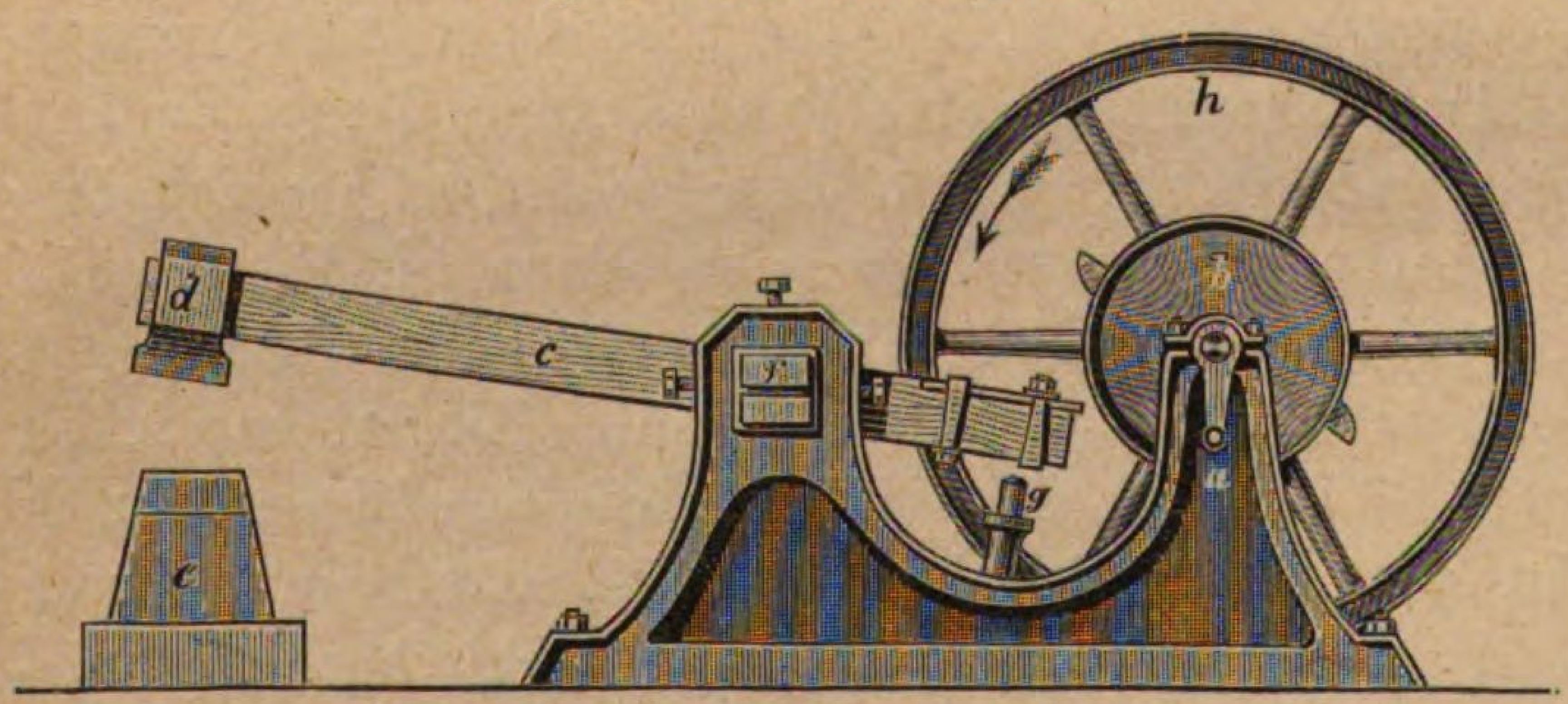
Man unterscheidet im Allgemeinen zwei Stabeisensorten, nämlich das **sehnige** Eisen und das **Feinkorneisen.** Das erstere ist widerstandsfähiger gegen **Zug**, das letztere gegen **Druck.** Das sehnige Eisen zeigt im Längenbruch feine glatte Faden mit silberfarbig hellem Glanz; im Querbruch ist es faserig und von mattem Glanz. Das Feinkorneisen zeigt dagegen im Querbruche ein silberhelles, feines und gleichmässiges Korn und ist eine Zwischenstufe zwischen sehnigem Eisen und Puddelstahl.

§. 8. Zängeapparate.

Das **Zängen** der Luppen, wie sie vom Frischherde oder aus dem Puddelofen kommen, geschieht entweder unter **Stirnhämmer, Aufwerfhämmer** oder **Schwanzhämmer,** die meistens von Wasserkraft getrieben werden; oder unter **Dampfhämmer,** oder auch zwischen **Luppenquetscher.**

Ein **Schwanzhammer** ist in Fig. 6 dargestellt. Die Kurbel *a* setzt, durch Dampf- oder Wasserbetrieb, die Daumenwelle *b* in Umdrehung, wodurch der Schwanz des um den Punkt *f* drehbaren Hammerstiels *c* niedergedrückt wird. Der Prellstock *g* hat in einem eisernen Cylinder seine Führung und wird von einer starken gewundenen Feder in die Höhe gedrückt. *d* ist der Hammer, *e* der Ambos und *h* ein Schwungrad. Wird die Daumenwelle *b* in Bewegung gesetzt, so drücken deren Daumen den Hammerschwanz und den Prellstock nieder, während der Hammer *d* gehoben wird. Nachdem nun ein Daumen den Hammerschwanz verlassen hat, fällt der Hammer durch sein Gewicht und durch die Rückwirkung des Prellstockes auf den Ambos zurück. Die Schwanzhämmer haben ein Gewicht von 1 bis 5 Ctr. und machen 100 bis 300 Schläge pro Minute.

Fig. 6. Schwanzhammer.



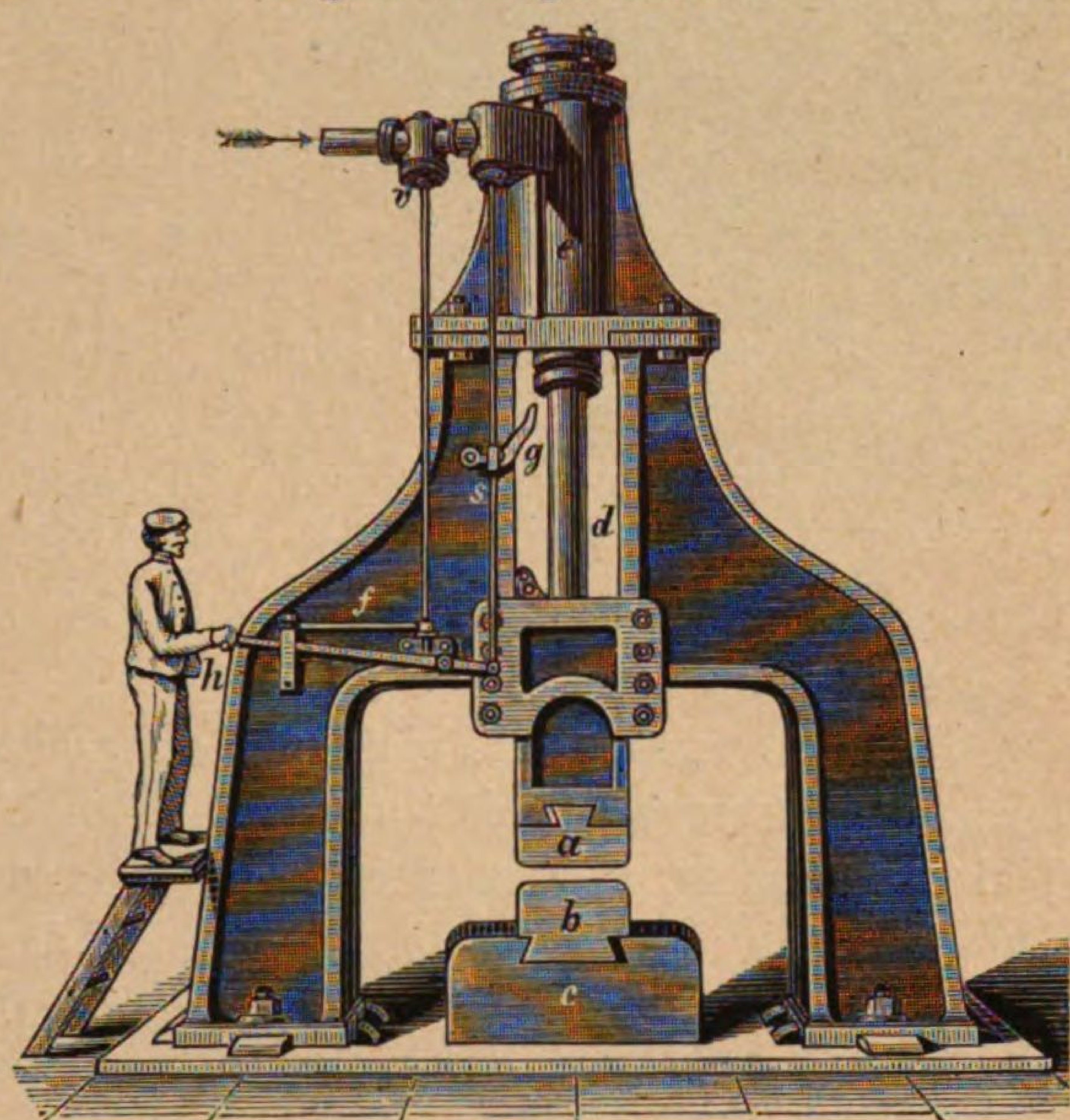
Bei den **Aufwerfhämmern** liegt der Angriffspunkt der Hebedaumen zwischen dem Drehpunkt des Hammerstiels und dem Hammer. Sie haben 5 bis 10 Ctr., zum Schmieden von Locomotivachsen sogar bis 80 Ctr. Gewicht, und machen pro Minute 100 bis 160 Schläge.

Die **Stirnhämmer** haben den Angriffspunkt der Hebedaumen vor dem Hammerkopfe. Bei ihnen wird gewöhnlich Hammer, Stiel und Drehachse als ein Stück gegossen, welches ein Gewicht von 80 bis 120 Ctr. hat. Sie machen 60 bis 100 Schläge in der Minute.

Dampfhämmer können sowohl zum Zängen der Luppen, wie zum Ausschmieden grosser Eisenstücke gebraucht werden und sind wegen ihrer Billigkeit und bequemen Handhabung vielfach in Anwendung gekommen. Fig. 7 stellt einen Dampfhammer der gebräuchlichsten

Construction dar. Der Dampfcylinder *e* ruht auf einem festen Gerüste von Gusseisen und in ihm bewegt sich der Kolben mit der Kolbenstange *d*, welche letztere mittelst Stopfbüchsenverschluss durch den unteren Cylinderdeckel dampfdicht durchgeführt ist. An der Kolbenstange *d* ist der Hammer *a* befestigt, der in dem Rahmen des Gerüstes sichere Führung hat. Der Ambos *b* ist in der Chabotte *c*, die auf einem festen aber elastischen Holzgerüste ruht, mit Keilen befestigt. Soll nun der Hammer in Bewegung gesetzt werden, so öffnet man durch die Handhabe *f* zuerst das mit der Dampfleitung in Verbindung stehende Ventil *v*. Darauf lässt der Arbeiter mittelst der Handhabe *h* und der Schieberstange *s* Dampf in den Cylinder strömen, der nun unter den Kolben tritt und den Hammer hebt. Wird dann die Schieberstange zurück gezogen, so öffnet der Schieber einen Canal im Cylinder, wodurch der eingeschlossene Dampf in die freie Luft ausströmen kann, worauf der Hammer niederfallen muss. Die Ausströmung des Dampfes wird auch von dem Hammer selbstthätig besorgt, indem derselbe unter den Hebel *g* schlägt und dadurch die Schieberstange dirigirt.

Fig. 7. Dampfhammer.



Die Dampfhämmer haben gewöhnlich ein Gewicht von 20 bis 80 Ctr., einen Hub von 0,6 bis 1 Meter und sie machen, wenn der ganze Hub gebraucht wird, 60 bis 80 Schläge in der Minute.

Man hat die Kraft der Dampfhämmer trotz ihres grossen Gewichtes so sehr in der Gewalt, dass eine unter den Hammer gelegte Nuss nicht zerschmettert wird, wenn man nicht will.

Nachdem die Luppe vom Dampfhammer 40 bis 50 Schläge erhalten hat, oder sonst gehörig gezängt ist, kommt dieselbe unter die **Zängewalzen**, welche die Schlacken vollends auspressen und die Schweissung des Eisens fortsetzen. Diese Walzen bilden aus der Luppe kurze dicke Eisenstangen von ovalem Querschnitt, die aber noch in derselben Hitze von den **Präparirwalzen** zu flachen Stäben von ca. 3 Meter Länge, 0,1 Meter Breite und 15 Millim. Dicke ausgewalzt werden. Diese so erhaltenen **Rohschienen** werden unter einer starken **Scheere** in kurze Stäbe zerschnitten, die dann zu Bündeln, sogenannten **Packeten**, zusammengelegt, mit Draht umwickelt, in **Schweissöfen** erhitzt und zwischen **Reckwalzen** ausgereckt werden.

§. 9. Die Bildung der Packete und das Auswalzen des Stabeisens.

Das im Handel vorkommende Stabeisen wird nach seiner Querschnittsform eingetheilt in: **Flacheisen** und **Bandeisen**, **Quadrateisen**, **Rundeisen** und **Façoneisen**. Das letztere kommt in sehr verschiedenen Formen vor, wovon die folgenden die gebräuchlichsten sind. Das **L**-Eisen, Eckeisen oder Winkeleisen genannt; das **T**-Eisen, T-Eisen genannt; das I-Eisen, Doppel-T-Eisen oder I-Eisen genannt; das **⊏**-Eisen, E-Eisen oder U-Eisen genannt; das **+**-Eisen, Kreuzeisen genannt und das Ω-Eisen, Halbcylindereisen genannt.

Die **Packete** bestehen aus den zerschnittenen 0,6 bis 1,2 Meter langen Luppenstäben, welche schichtweise über einander gelegt sind. Um die Stäbe fest an einander zu halten, wird das Packet mit Eisendraht umwunden und nun in den Schweissofen gebracht, wo es bis zur Weissgluth erhitzt wird. Die Schweissöfen sind Flammöfen, deren Einrichtung den Puddelöfen sehr ähnlich ist. Die Walzen, zwischen denen die Packete zusammen-

geschweisst und ausgestreckt werden, heissen **Grobeisen-** oder **Feineisenwalzwerke**, je nachdem sie dickere oder dünnere Eisensorten herstellen.

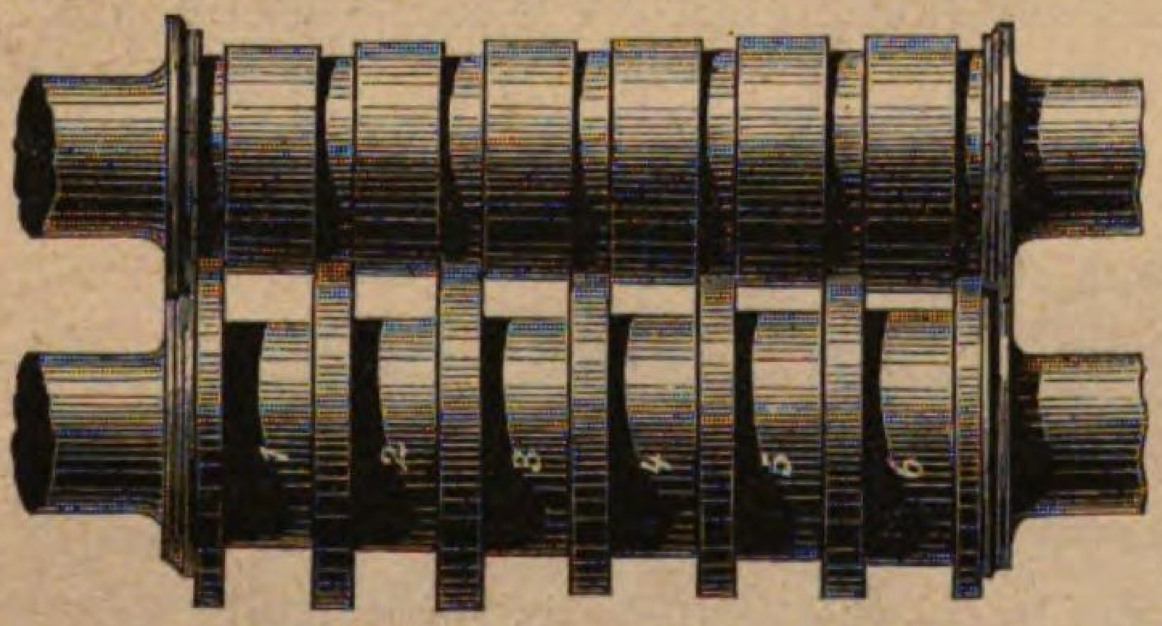
Die Walzen liegen in eisernen Ständern wagerecht über einander und stehen mittelst Kuppelmuffen mit umlaufenden Wellen in Verbindung, wodurch sie gegen einander bewegt werden. Die obere Walze kann durch Stellschrauben gesenkt oder gehoben werden, so dass man im Stande ist, den Raum zwischen den Walzen beliebig eng oder weit zu stellen.

Das **Grobeisenwalzwerk** besteht in der Regel aus zwei Gerüsten, den **Streck-** oder **Vorwalzen** mit concav-quadratischem Kaliber und den **Fertig-** oder **Schlichtwalzen** mit rechteckigem, quadratischem oder kreisförmigem Kaliber. Der Durchmesser der Walzen ist 0,36 bis 0,40 Meter und sie machen pro Minute 60 bis 90 Umdrehungen. Das **Feineisenwalzwerk** hat 2 bis 4, für die feinsten Sorten selbst 5 Gerüste und häufig liegen in einem Gerüste 3 Walzen über einander. Der Durchmesser der Walzen ist 0,2 bis 0,27 Meter, die Anzahl der Umläufe pro Minute 200 bis 250. Die Walzwerke für **Eisenbahnschienen** haben 2 Gerüste, deren Walzen 0,45 bis 0,50 Meter Durchmesser haben und in der Minute 80 bis 120 Umdrehungen machen. Die **Blechwalzwerke** haben 1 bis 2 Gerüste und Walzen von 0,25 bis 0,60 Meter Durchmesser, je nach der Breite der Bleche, die zwischen 0,4 und 1,8 Meter schwankt. Die Anzahl der Umdrehungen pro Minute ist 20 bis 60, je nach der Dicke der Bleche.

Nachdem die Packete bis zum Weissglühen erhitzt sind, werden sie unter dem Hammer leicht zusammengeschweisst und dann von Arbeitern mit grossen Zangen zwischen die Walzen gebracht. Auf der anderen Seite des Walzwerkes stehen andere Arbeiter, die den Eisenstab auffangen, ihn sofort über das Walzwerk wegheben, worauf die ersteren ihn wieder zwischen die Walzen bringen. Dies wiederholt sich von Kaliber zu Kaliber, bis der Eisenstab die gewünschte Querschnittform hat.

Die Kaliberwalzen für Flacheisen haben die Form, wie sie Fig. 8 zeigt. Die vorstehenden Ränder der unteren Walze greifen in die Vertiefungen der oberen, wodurch die Kaliber gebildet werden, die anfänglich stark, nachher aber weniger an Höhe abnehmen, weil der Eisenstab nach und nach erkaltet. Für grössere Flacheisen hat der Oberingenieur Daelen **Universalwalzwerke** construirt, wobei zwei horizontale Walzen die Stärken und zwei verticale Walzen die Breiten der Flacheisen herstellen.

Fig. 8. Kaliberwalzen für Flacheisen.



Das **Winkeleisen** pflegt man in neuerer Zeit erst als Flacheisen auszuwalzen und dann allmälig in der Mitte des Stückes einen rechten Winkel zu bilden, wie bei *a* und *b* in Fig. 9, so dass die Schenkel des Stabes beim letzten Durchgange durch die Walzen nur im rechten Winkel gebogen werden. Die Packete für die Winkeleisen macht man aus rechtwinklig sich kreuzenden Lagen von Luppenstäben, häufig aber auch aus alten Eisenbahnschienen, in der Weise, wie es Fig. 10 zeigt.

Fig. 9. Bildung des Winkeleisens.

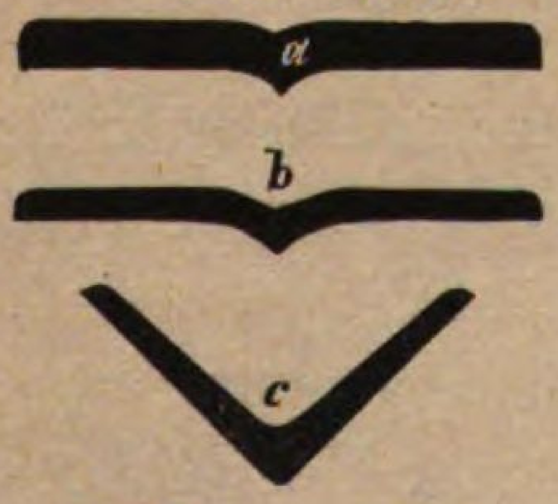
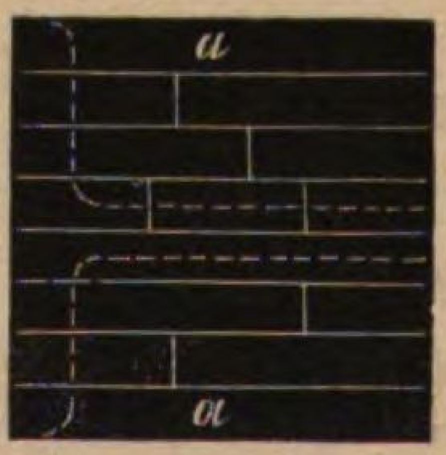


Fig. 10. Packet für Winkeleisen.



Fig. 11. Packet für T-Eisen.



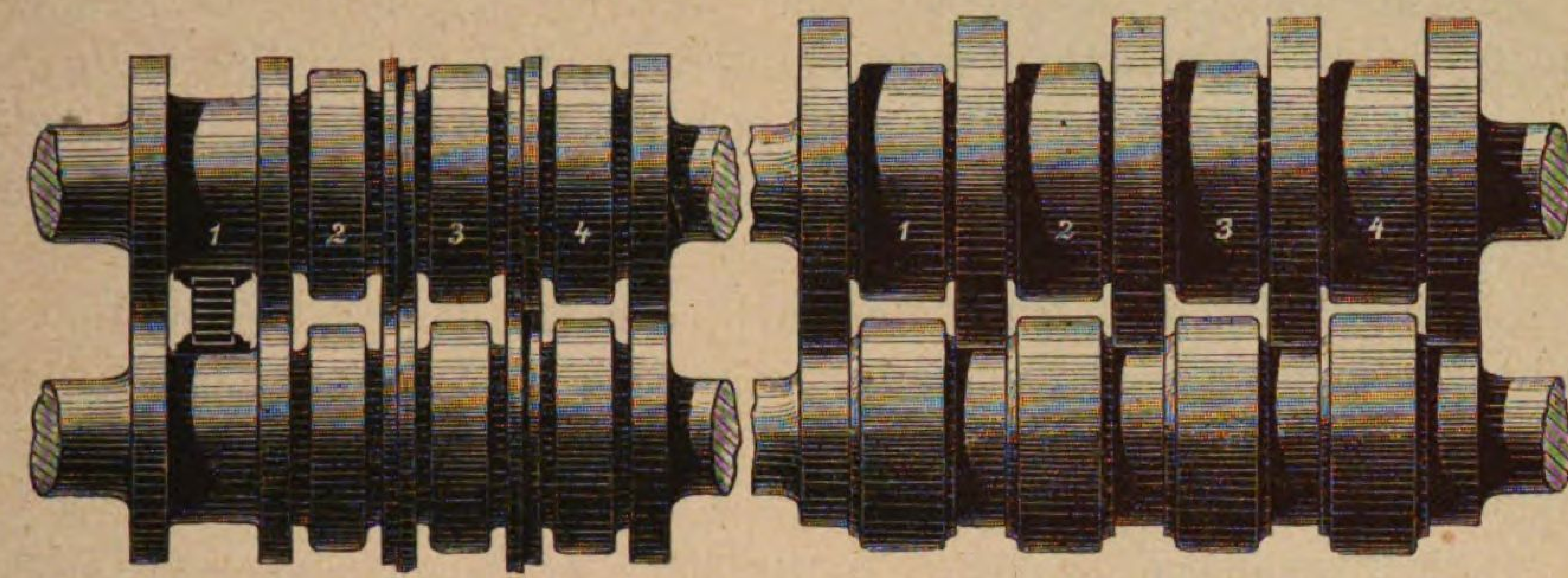
Die Packete für T-Eisen werden aus zähen Luppenstäben gebildet und erhalten oben und unten Deckel *a*, Fig. 11, die je aus einem Stück Grobeisen bestehen. Sie werden unter Hämmer vorgeschweisst und während des Walzens zwischen jedem Kaliber um 90° gedreht, damit der Druck der Walzen abwechselnd auf Fuss und Steg erfolgt. Wegen der ungleichen Winkelgeschwindigkeit der Walzen in den verschiedenen Durchmessern nimmt die Schwierigkeit des Auswalzens der T-Eisen bei grosser Steghöhe bedeutend zu, indem hohe und dünne Stege leicht zerreissen.

Die I-Eisen werden meistens so packetirt, wie Fig. 12 zeigt. Der zu bildende Steg besteht aus zähen sehnigen Luppenstäben und wird von den Deckeln *a* unten und oben umschlossen. Diese letzteren werden auf eigenen Walzen hergestellt und werden

Fig. 12. Packet für I-Eisen.

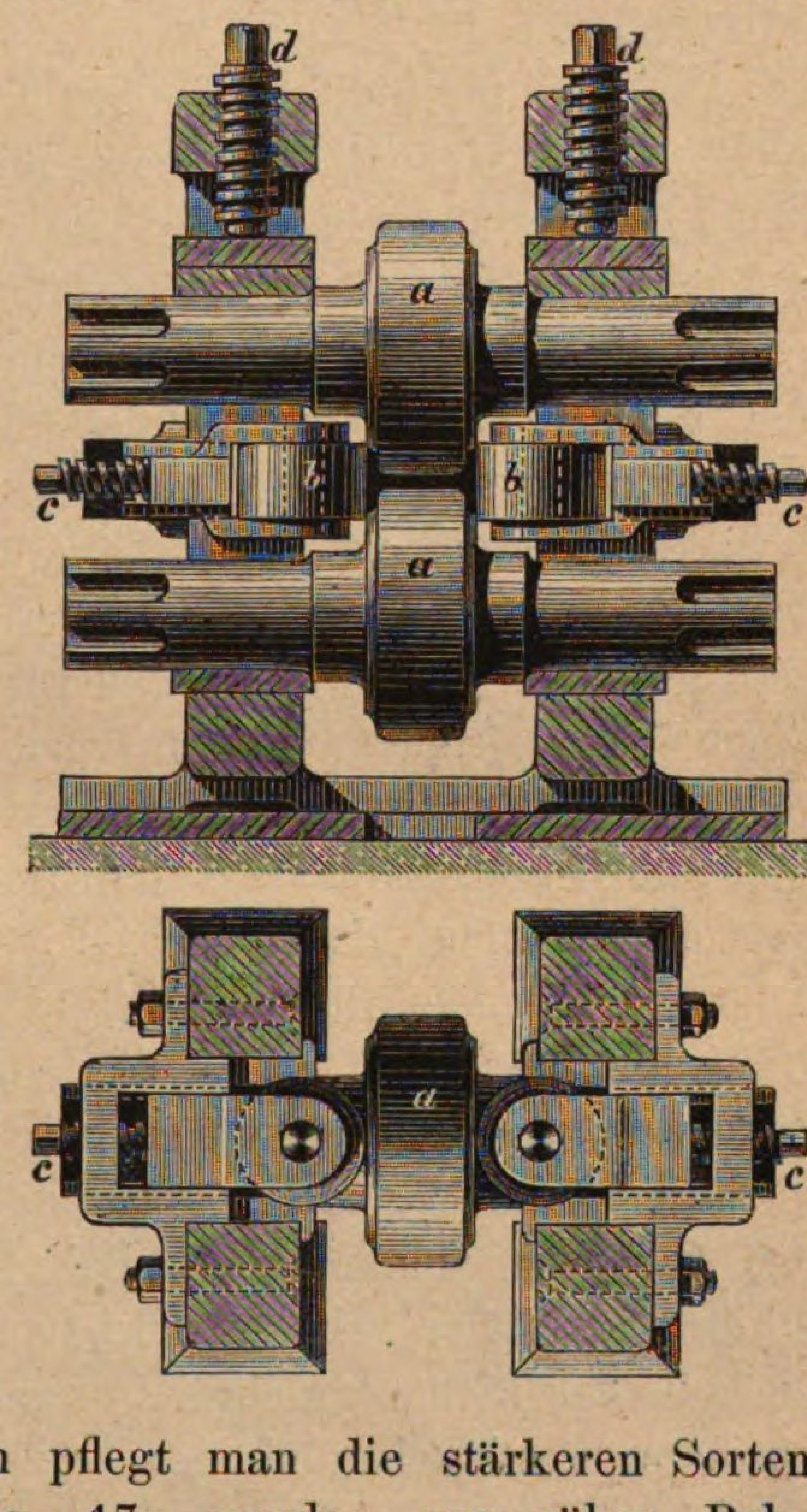


Fig. 13. Walzen für I-Eisen.



nach vorn etwas zugeschärft, damit das Packet leichter zwischen die Walzen geht. Wenn das Packet aus dem Schweissofen kommt, wird es direct zwischen die Kaliberwalzen Fig. 13 gebracht und in zwei Hitzen ausgewalzt.

Fig. 14. Universalwalzwerk für I-Eisen.



Da man beim Auswalzen der I-Eisen in Kaliberwalzen sehr viele Kaliber nöthig hat, so hat man in neuerer Zeit auch hierbei das Universalwalzwerk in Anwendung gebracht, was zuerst in dem Etablissement von **Petin, Gaudet und Comp.** in Rive-de-Gier geschehen ist, welche für die Pariser Ausstellung 1867 auf einem solchen Walzwerk I-Eisen von 1 Meter Höhe und 10 Meter Länge, im Gewichte von 2500 Kilogramm, gewalzt hatten. Das Universalwalzwerk ist in Fig. 14 dargestellt. *aa* sind zwei horizontale Walzen, die durch Kuppelmuffe umgedreht und durch die Stellschrauben *dd* zusammengestellt werden können. *bb* sind verticale Walzen, welche man durch die Stellschrauben *cc* an die Hauptwalzen andrücken kann. Das Uebrige ist aus der Fig. 14 leicht zu ersehen.

Wie das Winkeleisen walzt man auch das ⊏-Eisen in neuerer Zeit aus einfach rechteckigen Packeten, in der Weise, wie es Fig. 15 *a*, *b*, *c* zeigt; das letzte Kaliber besorgt dann nur das Geradebiegen der Schenkel.

In ganz ähnlicher Weise wie das ⊏-Eisen wird auch das Halbcylindereisen, Fig. 16, gewalzt. *a* ist die Form, in der das Packet ausgewalzt wird, während das letzte Kaliber der Walzen die Form *b* herstellt.

Von den im Handel vorkommenden Eisenblechen pflegt man die stärkeren Sorten **Kesselbleche** zu nennen. Die Packete hierzu, Fig. 17, werden aus zähen Rohschienen gebildet und erhalten oben und unten **Deckschienen** *a* und *b*, die aus Luppenstäben zusammengeschweisst sind, um dem Bleche eine glatte Oberfläche zu geben. Die Deckschienen stehen ein wenig vor, damit die mittleren Stäbe beim Ausschweissen nicht ausbauchen. Nachdem die Packete im Schweissofen erhitzt sind,

Fig. 15. Bildung des ⊏-Eisens.



Fig. 16. Bildung des Halbcylindereisens.

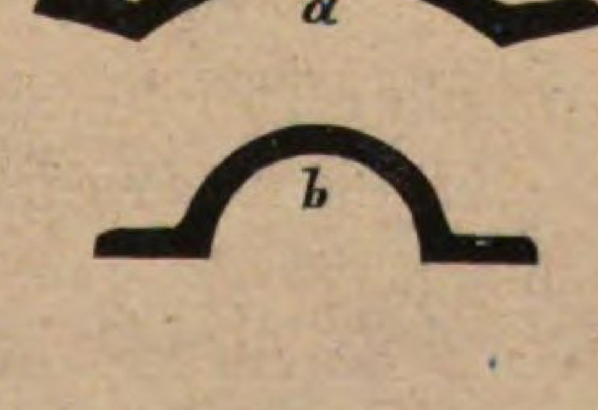
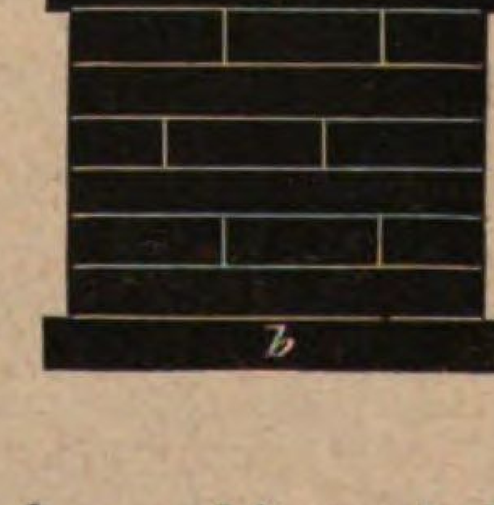


Fig. 17. Packet für Kesselbleche.



werden sie unter dem Hammer so breit ausgeschmiedet, wie die Breite der Bleche sein soll, worauf dann diese sogenannten Plaks noch einmal im Schweissofen erhitzt und in einer Hitze fertig ausgewalzt werden. Das so erhaltene Blech wird unter einer starken Blechscheere beschnitten.

Die dünneren Bleche werden nach einer bestimmten Blechlehre gewalzt. Die **Rheinische Lehre** hat 25 Nummern und giebt die Nummer die Stärke in $^1/_{100}$ Zollen an, so dass No. 1 = 0,01 Zoll, No. 2 = 0,02 und No. 25 = 0,25 Zoll Dicke hat. Die **Dillinger-Lehre** dagegen hat 24 Nummern, wovon No. 24 die **schwächste** und No. 1 die stärkste Sorte bezeichnet.

Beim Walzen der ganz dünnen Bleche werden die Tafeln mit dem Hammer in der Mitte zusammengebogen und, nachdem sie in **Lehmwasser** getaucht sind, werden mehrere in einander gesteckt und nach dem Erhitzen zusammen ausgewalzt; das Lehmwasser verhindert dabei das Zusammenschweissen.

Die Eisenbleche, welche im Hochbau zu Bedachungen etc. verwendet werden, sind oftmals zum Schutz gegen Rost mit Zink überzogen, oder **verzinkt.** Die **Weissbleche** dagegen sind **verzinnt.**

§. 10. Drahtfabrikation.

Zur Drahtfabrikation werden meistens quadratische Stäbe von 2 bis 2,5 Centim. Seite und ca. 0,5 Meter Länge verwendet. Diese werden im weissglühenden Zustande auf einem Drahtwalzwerke ausgewalzt. Gewöhnlich liegen hierbei 3 Walzen übereinander, die 0,5 bis 0,6 Meter Länge und 0,20 bis 0,25 Meter Durchmesser haben. Die Vertiefungen in den Walzen sind zuerst **quadratisch**, dann **elliptisch** und zuletzt **kreisrund.** Der Draht geht mit 2,5 Meter Geschwindigkeit pro Secunde durch die Walzen und wird, nachdem er bis zu etwa 4 Millim. ausgewalzt ist, im noch warmen Zustande auf einen Haspel gewickelt. Nachdem die so erhaltenen Bunde blank gebeizt sind, werden sie mittelst **Scheibenzug**, sogenannten **Drahtleiern** im **kalten** Zustande zu feineren Drähten ausgezogen. Dies geschieht in der Weise, dass man den Draht durch die, nach und nach an Grösse abnehmenden, runden Oeffnungen einer gehärteten Stahlplatte, dem sogenannten **Zieheisen** durchzieht. Zu diesem Zwecke legt man den Drahtring auf eine Rolle, von wo er sich leicht abwickeln kann, spitzt das vordere Ende des Drahtes zu und steckt es durch eine passende Oeffnung des Zieheisens. Eine kleine Zange, die mittelst einer Kette an einer langsam rotirenden Rolle befestigt ist, packt nun das Drahtende und wickelt den gezogenen Draht auf die Rolle, wobei der Draht seiner ganzen Länge nach durch die Oeffnung des Zieheisens passiren muss. In dieser Weise fährt man fort, den Draht durch immer kleinere Löcher zu ziehen, bis er die gewünschte Feinheit erlangt hat. Die Löcher in dem Zieheisen sind nach der Seite, wo der Draht eingeführt wird, etwas erweitert. Der Draht wird daher beim Durchziehen nicht allein nach seiner Länge ausgedehnt, sondern auch in der Richtung seines Querschnittes zusammengedrückt, wodurch er an Härte und absoluter Festigkeit zunimmt. Nach gewissen Zwischenräumen wird der Draht **ausgeglüht,** damit er wieder weich und geschmeidig wird.

Der Draht wird in grossen Massen zu Drahtstiften und zu Drahtseilen verwendet. Die Drahtstifte stellt man auf eigenen Maschinen her, was mit grosser Geschwindigkeit erfolgt. Die Drahtseile werden meistens aus **verzinktem** Drahte gesponnen, doch so, dass die einzelnen Drähte selber keine Drehung erleiden, damit ihre Festigkeit nicht beeinträchtigt wird. Sie werden sowohl als runde Drahtseile, wie auch als flache Banddrahtseile hergestellt und dienen zu Blitzableitern, zu Triebseilen und, namentlich in Amerika, zum Brückenbau.

§. 11. Die Röhrenfabrikation.

Die schmiedeeisernen Röhren verwendet man besonders zu Gasleitungen und zu Wasserheizungen. Sie werden aus starkem Eisenblech, im rothglühenden Zustande, mittelst Handhämmer gebogen, so dass sie nahezu die röhrenförmige Gestalt haben, dann werden sie in einem Flammofen weissglühend gemacht und in diesem Zustande zwischen Walzen gebracht, wobei die Ränder, die entweder stumpf zusammengestossen oder schräg übereinander gelegt sind, gleichzeitig zusammenschweissen. Die Walzen zur Röhrenfabrikation haben halbrunde Vertiefungen und das Walzen geschieht über einen Dorn, der entweder ebenso lang ist, wie die Röhre, oder der nur kurz und an einer dünneren Stange befestigt ist, die ihn zwischen der Berührungsstelle der Walzen festhält und über welche die Röhre hinweggeht. Solche schmiedeeiserne Röhren können einen grossen inneren Druck aushalten.

IV. Stahl-Fabrikation.

§. 12. Der Rohstahl oder Stahl aus Roheisen.

Der Stahl enthält $^5/_6$ bis 2 % Kohlenstoff und kann entweder direct aus Roheisen hergestellt werden, indem man dem Roheisen einen Theil seines Kohlenstoffes **entzieht**, oder man kann ihn aus Stabeisen erzeugen, indem man demselben Kohlenstoff **zusetzt**. Der **Rohstahl** wird in **Frischherden**, in **Puddelöfen** oder durch den **Bessemer-Prozess** gewonnen.

Die Frischherde und Puddelöfen zur Stahlfabrikation sind denjenigen zur Stabeisenfabrikation ganz ähnlich und das zum Stahlpuddeln am meisten geeignete Roheisen ist das **weisse Rohstahleisen** oder **Spiegeleisen.**

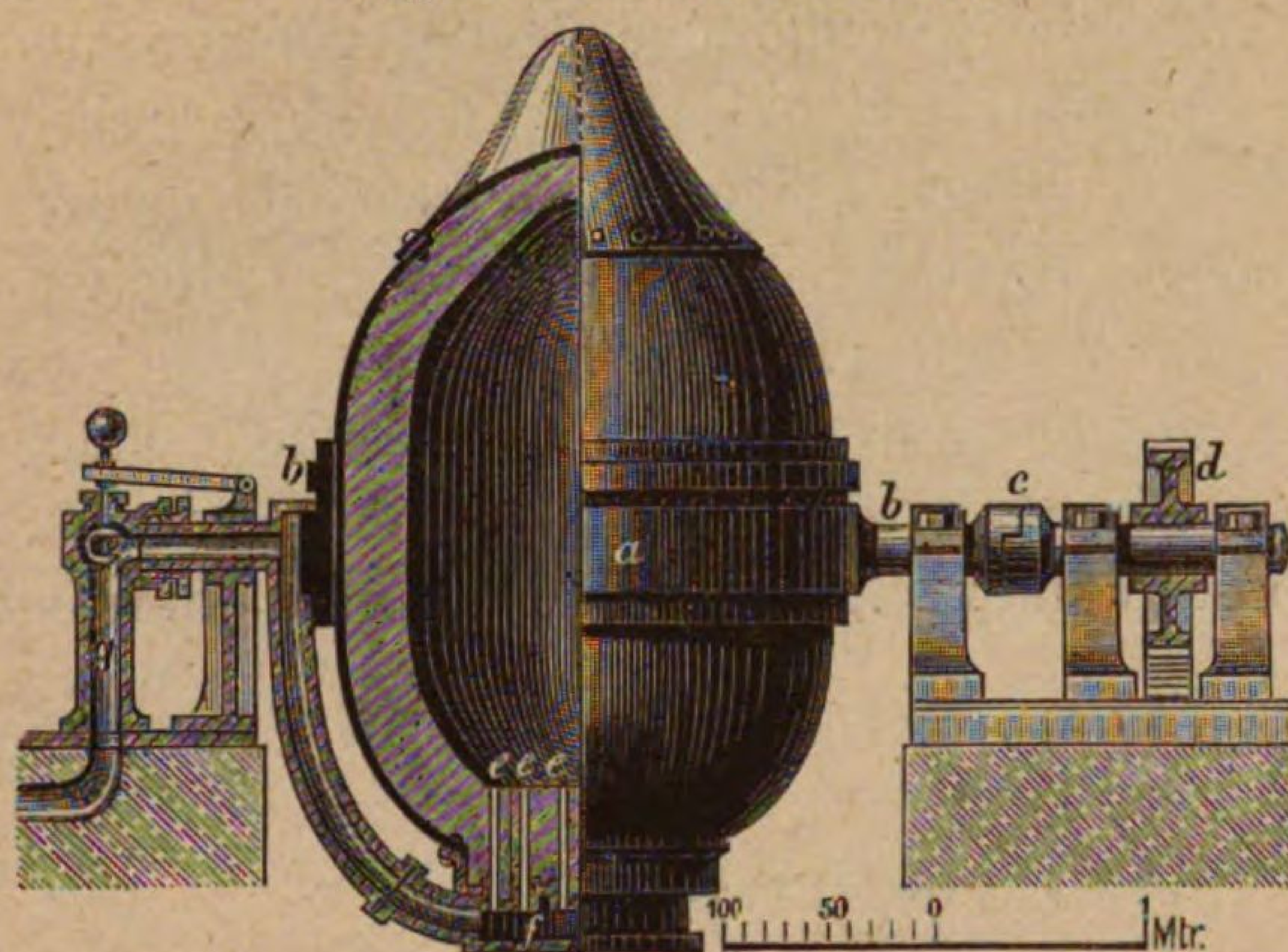
Beim Entkohlen oder **Garen** des Roheisens im Puddelofen muss man besonders darauf achten, dass die Masse nicht in Schmiedeeisen übergeht und sich auch nicht zu sehr oxydirt oder verschlackt; im ersteren Falle steigert man die Hitze und setzt Hammerschlag zu, oder im anderen Falle wird die Hitze gemildert und die Masse mit Schlacke bedeckt. Nach der Entkohlung bildet man aus der Masse Luppen, die unter dem Dampfhammer gezängt und, im Schweissofen von neuem erhitzt, zu Stäben von 1 bis $1^1/_2$ Meter Länge ausgestreckt werden. Diese Stäbe wirft man im warmen Zustande in kaltes Wasser, wodurch sie hart und spröde werden, so dass man sie mit Handhämmern leicht zerschlagen kann. Nach dem Zerschlagen werden die Stäbe nach ihrer Bruchfläche sortirt und entweder durch **Gärben** verbessert oder zu Gussstahl umgeschmolzen.

Beim **Bessemer-Prozess** bringt man reines Roheisen im flüssigen Zustande in einen mit feuerfesten Steinen ausgemauerten Ofen und leitet so lange Luft durch die Masse, bis der Kohlenstoff des Roheisens auf die dem Stahl entsprechende Menge verbrannt ist, in welchem Moment man die Stahlmasse aus dem Ofen abfliessen lässt. Dieses Verfahren ist besonders in Schweden gebräuchlich und heisst das **schwedische Verfahren.** In England dagegen verbrennt man den Kohlenstoff des Roheisens, vermittelst der durch die flüssige Eisenmasse geleiteten Luft, vollständig, und setzt darauf eine dem Kohlenstoffgehalte des Stahls entsprechende Menge flüssiges Spiegeleisen zu. Diese letztere Methode, welche auch von dem Erfinder des ganzen Verfahrens, **Bessemer**, angewendet wird, heisst das **englische Verfahren.**

Bei dem schwedischen Verfahren wendet man feststehende Oefen an, während bei dem englischen Verfahren die Oefen eine birnenförmige Gestalt haben und um eine Axe drehbar sind. Eine solche **Bessemer-Birne** ist in Fig. 18 und 19 dargestellt. Der Ofen, Fig. 18, hängt in einem starken Ringe *a*, der von zwei in Lagern ruhenden Axzapfen *b* getragen wird, so dass der ganze Ofen vermittelst des Zahnrades *d* und der Kuppelung *c* um die Axe *b* drehbar ist. Der Boden der Ofens besteht aus feuerfestem Thon und enthält zahlreiche Düsen *e*, durch welche die von der Windleitung *g* in den Windkasten *f* strömende

Gebläseluft in die flüssige Eisenmasse geleitet wird. Dadurch, dass die Gebläseluft eine grössere Pressung hat, als das Gewicht der Eisenmasse auf die Düsenöffnungen ausübt, wird das Ausfliessen des Eisens in den Windkasten verhindert.

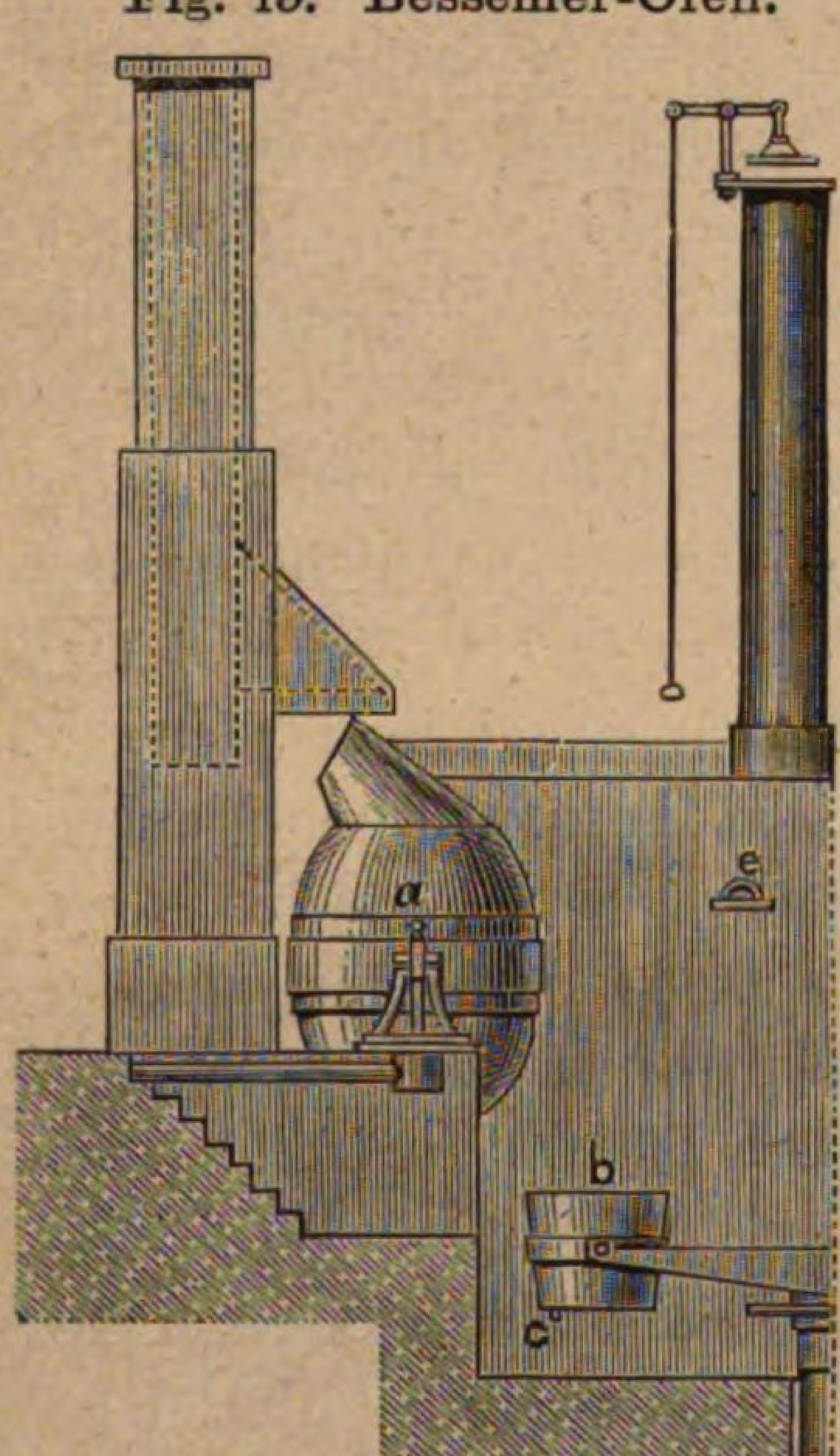
Fig. 18. Bessemer-Birne.



Soll der Ofen in Betrieb gesetzt werden, so wird das Innere desselben durch Coaksfeuer stark erhitzt. Nachdem dann das Brennmaterial durch Umkippen des Ofens *a*, Fig. 19, aus demselben entfernt ist, wird er aus der Abstichöffnung *e* des Schmelzofens mit flüssigem Roheisen gefüllt und in die Lage Fig. 19 gebracht, worauf 10 bis 15 Minuten lang atmosphärische Luft durch die flüssige Eisenmasse gepresst wird. Der Sauerstoff der Luft verbindet sich dabei mit dem Kohlenstoff des Roheisens zu Kohlensäure und Kohlenoxydgas.

Enthält das Roheisen Schwefel und Phosphor, so blä st man anstatt Luft **überhitzten Wasserdampf** in die Eisenmasse, der sich in **Sauerstoff** und **Wasserstoff** zersetzt. Der Sauerstoff verbindet sich dann mit dem Kohlenstoff des Eisens zu **Kohlenoxyd**, der Wasserstoff dagegen mit dem Schwefel und Phosphor zu **Schwefel-** und **Phosphorwasserstoff.** Nachdem die Entkohlung genügend fortgeschritten ist, werden auf 100 Theile Roheisen ca. 10 Theile flüssiges Spiegeleisen zugesetzt und durch Hin- und Herschwenken des Ofens mit dem übrigen Inhalte gehörig gemengt, worauf die Masse durch Umkippen des Ofens in die Pfanne *b* gegossen wird. Aus der letzteren fliesst die Stahlmasse nach dem Ausziehen des Pfropfens *c* in gusseiserne Formen von quadratischem Querschnitte von 5 Centim. Stärke und ca. 1,3 Meter Höhe.

Fig. 19. Bessemer-Ofen.



Der jedesmalige Inhalt eines Ofens beträgt 20 bis 100 Ctr. und die Dauer des ganzen Prozesses ist 15 bis 20 Minuten.

Die Masse bleibt während des Prozesses ohne Brennmaterial im Ofen vollständig flüssig und man hat es ganz in der Gewalt, je nach dem Grade der Entkohlung, Schmiedeeisen oder Stahl zu erzeugen.

Der **Bessemer-Stahl** besitzt alle Eigenschaften des Gussstahles und wird zu vielen technischen Zwecken verwendet.

§. 13. Stahl aus zusammengeschmolzenem Roheisen und Stabeisen (Martin-Stahl).

Da das Roheisen zu viel, das Stabeisen aber zu wenig Kohlenstoff im Verhältniss zum Stahl enthält, so kann man durch Zusammenschmelzen des Roheisens und Stabeisens, im passenden Verhältnisse, eine Masse erzeugen, die den Kohlenstoffgehalt des Stahls hat. Dies Zusammenschmelzen geschieht in feuerfesten Tiegeln unter Abschluss der Luft. Das Roheisen kommt zuerst in Fluss und bringt das schwerflüssigere Stabeisen ebenfalls zum Schmelzen, worauf dann die flüssige Masse von den Schlacken befreit und rasch in gusseiserne Formen gegossen wird. Die so erhaltenen Gussstahlstäbe werden in Flammöfen erhitzt und ausgeschmiedet.

Auf ein ähnliches Verfahren erhielt **Martin** in **Sireuil** bei **Angoulême** in Frankreich im Jahre 1864 ein Patent und hat dieser Process seitdem grosse Verbreitung gefunden, indem der **Martin-Stahl** eben so billig herzustellen ist, wie der Bessemer-Stahl.

Der **Martin'sche** Ofen ist ein **Regenerator-Flammofen**, d. i. ein Ofen, ähnlich dem Puddelofen, Fig. 5, der durch die Gase eines Generators geheizt wird. Auf der muldenförmigen Sohle dieses Flammofens wird eine Partie Roheisen eingeschmolzen, und in das unter einer Schlackendecke stehende Bad, in bestimmten Zwischenräumen, so lange Schmiedeeisen eingetragen, bis eine genommene Schöpfprobe nach dem Erkalten nachweist, dass die Masse die sehnige Structur des Schmiedeeisens angenommen hat. Alsdann wird durch Zusatz einer gewissen Menge Roheisen die ganze Masse in Stahl verwandelt. Das Schmiedeeisen wird entweder als noch glühende, eben gare Luppe aus einem benachbarten Puddelofen eingetragen, oder es werden Schmiedeeisenabfälle benutzt, die man in einem Wärmofen vorgewärmt hat.

Die Martin-Oefen haben einen Fassungsraum von 2500 bis 7500 Kilogramm und wird das fertige Bad durch ein Abstichloch in prismatische Formen abgestochen oder in Gussstücke, welche keiner weitern Bearbeitung unterliegen, verwandelt.

§. 14. Der Cementstahl, oder Stahl aus Stabeisen.

Zur Erzeugung des Cementstahls zieht man hartes körniges Stabeisen dem sehnigen vor. Die Eisenstäbe, welche zur Cementation verwendet werden, haben eine Breite von 4 bis 12 Centim. und sind 1 bis 2 Centim. dick. Sie werden in Cementirkästen aus feuerfestem Thon von 2,5 bis 4 Meter Länge, 0,5 bis 0,75 Meter Breite und 0,5 Meter Höhe hochkantig zwischen Cementirpulver eingepackt. Das letztere besteht aus **Holzkohle** von **hartem** Holze, und wird theils in Pulverform, theils in kleinen Stückchen verwendet, dem man aber häufig noch $^1/_2$ % **Pottasche** oder **Kochsalz** zusetzt. Die Stäbe werden nun so in die Cementirkästen eingesetzt, dass zwischen zwei Stäben ein Raum für das Cementirpulver von ca. 1 Centim. Breite bleibt, dabei müssen die Stäbe ca. 5 Centim. kürzer sein, als die Kasten, welche nach der Füllung mit Thondeckeln verschlossen und dicht verschmiert werden.

Die Cementiröfen enthalten in der Regel zwei Cementirkasten, die von unten und von den Seiten vom Feuer umspült werden und deren Einsatz ca. 300 Ctr. beträgt. Das Feuer wird allmälig bis zur Weissglühhitze der Kasten gesteigert, in welcher Temperatur sie dann mehrere Tage erhalten werden, wobei das Stabeisen Kohlenstoff aufnimmt, so dass die Stahlbildung von der Oberfläche der Stäbe nach dem Inneren zu fortschreitet, und die Güte des erzielten Productes wesentlich von der Dauer der Cementation abhängt. Die Operation dauert 5 bis 9 Tage, wobei der Fortschritt der Cementation durch Probestäbe, die von aussen herausgezogen werden können, von Zeit zu Zeit beobachtet wird. Nachdem die Cementation beendigt ist, lässt man die Kasten abkühlen und nimmt die Stahlstäbe heraus, die dann durch **Gärben** raffinirt oder zu Gussstahl umgeschmolzen werden.

Der Cementstahl zeigt an der Oberfläche kleine Blasen, weshalb er auch Blasenstahl heisst.

§. 15. Das Gärben oder Raffiniren des Stahles.

Der Rohstahl und der Cementstahl ist nie von gleichmässiger Beschaffenheit und kann direct nur zu gröberen Arbeiten verwendet werden; da wo es auf Gleichmässigkeit des Materiales ankommt, muss er verfeinert oder **raffinirt** werden, was durch das sogenannte **Gärben** geschieht. Dieses besteht in einem Ausrecken der Roh- oder Cementstahlstäbe zu Schienen von 2 bis 3 Millim. Dicke und ca. 4 Centim. Breite. Diese Schienen werden zu einem Packete oder einer **Garbe** zusammengelegt, geschweisst und ausgeschmiedet oder ausgewalzt, welches Verfahren nach Befinden mehrere Male wiederholt wird. Durch diese Operation gewinnt der Stahl an Feinheit, verliert aber auch bei jedem Gärben 7 bis 12 % an Abbrant.

§. 16. Der Gussstahl.

Der Gussstahl, als der beste und feinste aller Stahlsorten, wird durch Umschmelzen von Cement- oder Puddelstahl gewonnen. Dieses geschieht in Tiegeln aus dem besten feuerfesten Thon, von ca. 0,42 Meter Höhe und 0,16 Meter inneren Durchmesser, die unten am Boden 3 Centim. und oben am Rande 1,5 Centim. Wandstärke haben. Die Tiegel, welche 12 bis 15 Kilogr. in kleine Stücke zerschlagenen Cementstahl fassen, werden mit Thondeckeln luftdicht verschlossen, und, zu 2 bis 5 an der Zahl, in Tiegelöfen gestellt, wo die Stahlmasse durch natürlichen Luftzug bei Coaksfeuer in 3 bis 4 Stunden eingeschmolzen wird. Den geschmolzenen Stahl, welchen man zu Werkzeugstahl verwenden will, giesst man in zweitheilige gusseiserne Formen und schmiedet und walzt denselben nach Bedürfniss aus.

Da der Gussstahl zuerst von **Huntsmann** in England im Grossen ausgeführt wurde, so erhielt derselbe auch den Namen **Huntmannstahl.**

Gegenwärtig ist die Gussstahlfabrikation auf eine hohe Stufe der Vollkommenheit gebracht und können Gussstücke aus Tiegel-Gussstahl in allen Dimensionen ausgeführt werden. **Fr. Krupp** in Essen hatte auf der Wiener Weltausstellung 1873 einen Gussstahlblock von ca. 1000 Ctr. ausgestellt.

§. 17. Das Härten des Stahles.

Wenn der Stahl bis zum Rothglühen erhitzt und dann rasch in kaltem Wasser abgekühlt wird, so erlangt er eine sehr grosse Härte und ist im Stande, Glas zu ritzen; er lässt sich dann nicht anders als auf Schleifsteinen bearbeiten.

Mit der Härte wird der Stahl auch zugleich spröde und zerbrechlich, so dass er im glasharten Zustande nur zu wenig Werkzeugen gebraucht werden kann. Erwärmt man aber den gehärteten Stahl allmälig, so nimmt seine Härte und Sprödigkeit mit dem wachsenden Wärmegrade ab und man hat es ganz in der Gewalt, ihm jeden beliebigen Härtegrad zu ertheilen. Dieses allmälige Erwärmen nach dem Härten nennt man das **Anlassen** des Stahles, wobei die sogenannten **Anlauffarben** einen Massstab für den Härtegrad geben.

Die Farben entstehen durch schwache Oxydation an der Oberfläche der gehärteten und nachdem wieder blank geputzten Stahlstücke und dringen nicht in das Innere des Stahles, sondern können durch Putzen oder Schleifen leicht wieder entfernt werden. Der glasharte Stahl wird bei einer Erwärmung von

215 Grad Celsius **blassgelb** } Werkzeuge zu Metall- und Steinarbeit;
230 - - **strohgelb** }
250 - - **dunkelgelb** } Werkzeuge zu Holzarbeiten;
280 - - **purpurroth** }
290 - - **dunkelblau**; Bohrer, feine Sägeblätter etc.

Nach der blauen Farbe zeigt sich Hellgrau, was bei stärkerer Erwärmung wieder in Weiss übergeht.

Erhitzt man den gehärteten Stahl bis zur Rothgluth und lässt ihn dann langsam erkalten, so verliert er die angenommene Härte und lässt sich wieder durch Werkzeuge bearbeiten.

Oftmals ist es beim Härten von Stahlwerkzeugen wichtig, dass nur die schneidenden Theile hart werden, und dass der Kern des Werkzeuges **weich** bleibt, weil dann die Festigkeit desselben weit grösser ist, als bei durchgehender Härtung. Diese Oberflächenhärtung ist durch folgendes Mittel zu erreichen. Man pulverisire

50 Gramm Chinarinde,
50 - Hirschklauen,
25 - Kochsalz,
15 - blausaures Kali,
15 - Salpeter,

mische sämmtliche Pulver innig mit einander und streue dasselbe auf 100 Gramm schwarze Seife, die in eine Lage von 5 Millim. Dicke ausgebreitet ist. Diese Masse knetet man durch und formt sie zu einer Stange von ca. 3 Centim. Durchmesser. Das zu härtende Werkzeug wird **nicht ganz** bis zur Rothgluth erwärmt und die zu härtenden Stellen, im warmen Zustande, mit der Stange des obigen Gemisches bestrichen und rasch in kaltem Wasser abgekühlt. Die nicht bestrichenen Stellen und der Kern des Werkzeuges sind nun vollständig weich und zähe geblieben, während die bestrichenen Stellen hart sind.

Der Gussstahl wird vielfach im Baufache verwendet, besonders zu Werkzeugen und zu **Kirchenglocken** *), die fester, dauerhafter, nicht ganz so klangvoll, aber viel billiger sind, als die aus Glockengut.

B. Das Kupfer.

§. 18. Die wichtigsten Erze und das Ausbringen derselben.

Das Kupfer kommt zuweilen **gediegen** in der Natur vor, häufiger aber in Verbindung mit Sauerstoff, Schwefel, Eisen, Blei, Arsenik, Antimon und Silber. Die vorzüglichsten Kupfererze sind folgende:

Kupferglanz	mit ca.	79 %	Kupfer
Buntkupfererz	- -	56 %	-
Kupferkies	- -	34 %	-
Rothkupfererz	- -	88 %	-
Malachit	- -	57 %	-
Kupferlasur	- -	55 %	-

Das Ausbringen des Kupfers aus den Erzen richtet sich darnach, ob die Erze **Oxyde** oder **Kiese** sind, und ist namentlich bei den letzteren sehr umständlich. Die kiesigen Erze werden dem Rösten unterworfen, um einen Theil des Schwefels daraus zu entfernen, und dann in Schachtöfen geschmolzen, wobei das Eisenoxydul mit den Zuschlägen eine leichtflüssige Schlacke bildet, während der vorhandene Schwefel mit dem Kupfer zu einer Masse zusammenschmilzt, die sich von der Schlacke absondert und **Kupfer-** oder **Rohstein** heisst. Der Kupferstein wird nun, zur Entfernung des Schwefels, wieder geröstet und nach dem Rösten, bei hinlänglicher Reinheit, sofort der Schwarzkupferarbeit unterworfen.

Sind aber noch mehrere andere Metalle im Kupferstein enthalten, in welchem Falle er **Spurrost** heisst, so muss er noch einer Schmelzung, oder der **Concentrationsarbeit** unterworfen werden. Bei dieser Schmelzung bildet das Kupfer mit dem im Spurroste noch enthaltenen Schwefel wieder einen Kupferstein, der dann **Concentrations-** oder **Spurstein** genannt wird. Diesen röstet man nun mehrere Male hinter einander, wodurch der Schwefel vollständig entfernt wird und wobei sich das Kupfer und Eisen in Oxyde umbilden. Nach jeder Röstung wird der Spurstein ausgelaugt, wodurch schwefelsaures Kupferoxyd und schwefelsaures Eisenoxydul abgeschieden und als Nebenproduct gewonnen wird.

Den gerösteten Spurstein nennt man **Garrost** und dieser unterliegt nun der **Schwarzkupferarbeit**, die in einer nochmaligen Schmelzung besteht, wobei das Kupfer **reducirt** wird und als **Schwarzkupfer** ein gelbrothes, sprödes Metall bildet, während das oxydirte Eisen mit einem Theil der anderen beigemengten Metalle in die Schlacke geht.

Das Schwarzkupfer muss noch dem **Garmachen** unterworfen werden, was in offenen Herden, oder in einem Flammofen, dem sogenannten **Spleissofen**, geschieht, wo es vor einem Gebläse niedergeschmolzen wird, wobei der etwa noch vorhandene Schwefel verbrennt, die beigemengten Metalle aber oxydiren und mit den Schlacken abfliessen. Das Kupferoxydul, welches sich beim Garmachen bildet, wird durch aufgestreuten Kohlenstaub

*) Alle Sorten Gussstahlglocken werden von dem Gussstahlwerke zu Bochum in Westfalen angefertigt.

reducirt und fliesst als geschmolzenes Kupfer in eine Vertiefung des Ofens, von wo es ausgeschöpft oder in Scheiben gerissen wird. Dies Letztere bewirkt man in der Weise, dass man die Oberfläche des flüssigen Kupfers mit kaltem Wasser begiesst, wodurch sie erstarrt und als dünne Platte oder Scheibe abgehoben werden kann. Das Scheiben- oder Rosettenkupfer ist aber noch nicht dehnbar genug, um es zwischen Walzen oder unter dem Hammer bearbeiten zu können, indem es noch mehrere Procent fremde Metalle und oxydirtes Kupfer enthält, die ihm noch durch das **Hammergarmachen** entzogen werden müssen. Es wird zu diesem Zwecke noch einmal zwischen Kohlen niedergeschmolzen, was mit besonderer Vorsicht geschehen muss, damit das oxydirte Kupfer vollständig reducirt wird, aber das Kupfer doch keinen Kohlenstoff aufnehmen kann, wodurch seine Festigkeit alterirt würde.

Die Verarbeitung der Kupfererze, welche **Oxyde** sind, ist einfach, da dieselben nach der Aufbereitung, mit den geeigneten Zuschlägen und Kohlen geschichtet, im Schachtofen niedergeschmolzen und reducirt werden, wobei man gleich Schwarzkupfer erhält, was in der oben beschriebenen Weise weiter verarbeitet wird.

Eine andere Darstellung des Kupfers erfolgt noch auf **nassem Wege** aus den sogenannten Cementwässern, d. h. Auflösungen von schwefelsaurem Kupferoxyd. Legt man in diese Auflösung Roh- oder Stabeisen, so entsteht schwefelsaures Eisenoxydul, wobei das Kupfer metallisch niedergeschlagen wird.

§. 19. Die Verarbeitung und Verwendung des Kupfers.

Das Kupfer wird in ganz ähnlicher Weise verarbeitet wie das Schmiedeeisen, meistens aber nur zu Blech, Rundstäben und Draht; gegossen wird es selten im reinen Zustande, sondern nur in Verbindung mit anderen Metallen.

Reines Kupfer hat eine rosenrothe Bruchfläche von metallischem Glanz und ein dichtkörniges oder fein zackiges Gefüge, ist sehr dehnbar, lässt sich vortrefflich mit dem Hammer bearbeiten und widersteht der Oxydation, indem sich auf der Oberfläche eine grüne Haut von kohlensaurem Kupferoxyd bildet, die eine Veränderung des Metalles nach dem Innern zu verhindert.

Da der Preis des Kupfers ca. siebenmal so hoch ist, als der des Schmiedeeisens, so findet es im Baufache nicht viel Verwendung. Zu Deckungen, Warmwasserheizungsröhren, Draht etc. wird es mitunter gebraucht; zuweilen auch als dünner Ueberzug über Schmiedeeisen.

C. Das Blei.

§. 20. Das Ausbringen der Bleierze.

Das Blei kommt nur selten **gediegen** vor; es wird meistens aus den beiden Bleierzen: **Bleiglanz**, mit ca. 86 % und **Weissbleierz** mit ca. 77 % Blei, gewonnen. Das letztere ist kohlensaures Bleioxyd; dagegen ist der Bleiglanz eine Verbindung von Blei und Schwefel, das aber häufig noch Silber und Schwefelverbindungen des Eisens, Kupfers und Zinks enthält.

Das Ausbringen der Erze richtet sich darnach, ob das Blei mit Sauerstoff oder Schwefel verbunden ist.

Beim **Weissbleierz** ist die Ausbringung einfach, indem man das aufbereitete Erz mit Kohle niederschmilzt, wobei das Blei reducirt wird. Die Verhüttung des **Bleiglanzes**, als Schwefelverbindung, ist zusammengesetzter und geschieht nach zwei Verfahrungsarten, die zuweilen auch mit einander vereinigt sind und in der **Röstarbeit** und in der **Niederschlagsarbeit** bestehen.

Durch die Röstarbeit wird der im aufbereiteten Erze enthaltene Schwefel grösstentheils

verbrannt, wobei die Metalle, mit Ausnahme des Silbers, in Oxyde verwandelt werden, die man nun in Schacht- oder Flammöfen schmelzen kann.

Beim Schachtofenbetrieb schichtet man das Erz mit Kohle, die das Metall beim Niederschmelzen reducirt. Nach der Schmelzung haben sich im Ofen vier Schichten gebildet, deren oberste die Schlacke, deren zweite den **Bleistein**, aus Schwefelblei und Verbindungen der übrigen Metalle mit Schwefel bestehend, deren dritte die **Bleispeise,** aus Blei mit den übrigen Metallen gemischt bestehend, und deren vierte das **metallische** Blei und das vorhandene Silber mit einigen anderen Metallen gemischt, enthält.

Beim Flammofenbetriebe geschieht das Rösten und Schmelzen direct hinter einander, indem nämlich das Erz zuerst geröstet und dann durch Kohlenklein im Ofen reducirt wird, wobei das geschmolzene Blei entweder aus dem Ofen abfliessen, oder sich in einer Vertiefung des Herdes ansammeln kann, während die übrigen strengflüssigeren Metalle auf der Ofensohle zurückbleiben.

Die **Niederschlagarbeit** erfordert kein vorheriges Rösten der Erze, sondern hierbei werden sie gleich nach der Aufbereitung mit **granulirtem** oder gekörntem Roheisen niedergeschmolzen, wobei metallisches Blei und Schwefeleisen entsteht, indem das Eisen in der Hitze grössere Verwandtschaft zum Schwefel hat als das Blei.

Die Röstarbeit und die Niederschlagarbeit wird oft auch mit einander in Verbindung gebracht, indem die Erze erst nach dem Rösten mit gekörntem Eisen niedergeschmolzen werden.

Enthält das durch den Schmelzprozess erzgeugte Blei eine entsprechende Menge Silber, die abgeschieden zu werden verdient, so heisst es **Werkblei;** im anderen Falle nennt man es **Kaufblei,** was meist muldenförmig in den Handel kommt.

§. 21. Die Verarbeitung und Verwendung des Bleies.

Das Blei hat eine lichtgraue Farbe und eine stark glänzende Bruchfläche, die sich an der Luft und im Wasser aber sehr bald mit einer schützenden Oxydhaut überzieht. Es schmilzt bei 330 Grad Celsius und lässt sich leicht giessen, sowie im kalten Zustande zwischen Walzen bearbeiten, da es sehr dehnbar ist. Im Baufache wird es gewöhnlich nur als Blech und zu Gas- und Wasserleitungsröhren verwendet, sowie es auch zum Festgiessen eiserner Klammern bei Quadern etc. und zur Darstellung von Farben dient.

Die Herstellung der Röhren geschieht am zweckmässigsten durch eine Maschine, in deren Cylinder sich ein Kolben bewegt, der geschmolzenes Blei durch ringförmige Oeffnungen, die im Cylinderdeckel angebracht sind, hindurchpresst. Vor dem Deckel befindet sich eine Kühlvorrichtung, wodurch das Blei beim Austritte aus der Oeffnung sofort erstarrt, während der Cylinder erwärmt wird, um das Blei darin flüssig zu erhalten. Die Röhren kann man von beliebiger Länge herstellen, indem man immer wieder geschmolzenes Blei in den Cylinder nachfüllt.

D. Das Zink.

§. 22. Das Ausbringen der Zinkerze.

Das Zink kommt in der Natur nur in Verbindung mit Schwefel, Sauerstoff, Eisenoxyd etc. vor. Verhüttet werden nur die folgenden drei Erze:

Galmei; besteht aus 65,2 % Zinkoxyd und 34,8 % Kohlensäure und enthält ca. 52 % Zink.

Kieselzinkerz; besteht aus 66,9 % Zinkoxyd, 25,6 % Kieselerde, 7,5 % Wasser und enthält ca. 53 % Zink.

Zinkblende; besteht aus höchstens 66,9 % Zink und 33,1 % Schwefel, ist aber meistens silberhaltig.

Galmei und Kieselzinkerz lässt man vor der Aufbereitung längere Zeit an der Luft liegen, damit sie verwittern, wodurch das Erz sich leicht von dem tauben Gestein trennt. Das erstere wird dann gebrannt, wodurch es poröser und mürber wird, indem Kohlensäure und Wasser daraus entweichen. Die vollständige Entfernung des Schwefels aus der Zinkblende hat viel Schwierigkeit; sie wird zu diesem Zwecke gepulvert und mehrfach in einem Flammofen geröstet, mit Zusatz von $^1/_4$ gelöschtem Kalk, wodurch der Schwefel vollständiger entfernt und das Zink in Oxyd überführt wird.

Die aufbereiteten Erze werden nun mit Kohlenklein oder Coaks in Muffeln oder Röhren aus feuerfestem Thon einer Destillation unterworfen, wobei das Zink durch die Kohle reducirt wird und in Dampfform abströmt. Diese Zinkdämpfe werden durch thönerne Röhren in eine Vorlage geleitet, wo sie condensiren und dadurch wieder in die feste Form übergehen. Dieses so erhaltene Zink heisst **Tropf-** oder **Werkzink** und wird zur vollständigen Reinigung noch ein Mal in Gefässen aus feuerfestem Thon geschmolzen, jedoch bei einer Temperatur, bei der das Zink nicht dampfförmig wird. Man giesst das geschmolzene Zink nun in gusseiserne Formen in Platten und bringt es als **Kaufzink** in den Handel.

§. 23. Die Verarbeitung und Verwendung des Zinks.

Das gegossene Zink hat am Bruche eine grauweisse Farbe und ein grobblättriges Gefüge, ist nicht sehr hart, aber bei gewöhnlicher Temperatur spröde. Bei einer Temperatur von 120 bis 150 Grad C. ist es sehr dehnbar und lässt sich gut zu Blech auswalzen, wobei es sein blättriges Gefüge verliert. Zinkblech findet im Baufache viel Verwendung, namentlich zu Dachdeckungen und zu Regenrinnen.

Die Zinkgiesserei eignet sich ganz vorzüglich zur Herstellung von Ornamenten, indem die Oberfläche der Gussstücke glatt und der Guss sehr scharf ist. Da aber das Zink sich beim Erstarren sehr stark zusammenzieht, so müssen die Formen sehr vorsichtig hergestellt werden, damit das Gussstück keine Risse bekommt. Das Zink kann sowohl in Sand gegossen werden, wie auch die Formen aus Gusseisen oder Messing bestehen können. Werden Gegenstände über einen Kern gegossen, so muss dieser so eingerichtet sein, dass sich das Zink ungestört zusammenziehen kann, weil es sonst zerreisst. Man wendet deshalb meistens hohle Sandkerne an, die beim Erstarren des Zinks von demselben zusammengedrückt werden. Grössere Gussstücke giesst man in mehreren Theilen und schraubt oder löthet sie nachher zusammen.

Bei ca. 380 Grad C. schmilzt das Zink, in der Rothglühhitze verwandelt es sich in Dampf und beim Weissglühen verbrennt es an der Luft mit grünlich-weisser Flamme.

Eiserne Gegenstände, die der Witterung ausgesetzt sind, werden oft mit Zink überzogen oder **verzinkt**, wodurch sie vollständig vor Rost geschützt sind, auch wenn das Zink nicht alle Theile des Eisens vollständig bedeckt. Dies ist darin begründet, dass durch die Berührung von Eisen und Zink eine Electricitätserregung stattfindet, wobei der electrische Strom das Wasser so zersetzt, dass der Sauerstoff sich mit dem Zink verbindet, der Wasserstoff aber sich am Eisen ausscheidet, zu welchem er sich indifferent verhält. Ist das Eisen dagegen allein mit Wasser in Berührung, so zersetzt es dieses und verbindet sich mit dem Sauerstoffe desselben, wodurch der Rost entsteht. Das Verzinken des Eisens wird auch wohl das **Galvanisiren** desselben genannt, wegen seines electrischen Verhaltens zum Eisen.

Die zu verzinkenden eisernen Gegenstände, wie Bleche zu Dachdeckungen, Draht zu Drahtseilen und zu Telegraphenleitungen, Nägel etc., werden sorgfältig gereinigt und in verdünnter Schwefelsäure gebeizt, worauf man sie in Kalkwasser abspült, trocknet und in eine Auflösung von Salmiak, oder in stark verdünnte Salzsäure, in der etwas Zink aufgelöst ist, bringt, und sie darauf an einem warmen Orte trocknet, wobei sich auf den Gegenständen eine feine Salzkruste bildet. Hierauf werden sie nun in ein über den

Schmelzpunkt hinaus erhitztes Zinkbad gebracht, wobei sie sich mit einer Zinkschicht überziehen. Nachdem dies geschehen ist, kühlt man sie im Wasser ab.

Das Zinkbad wird in gusseisernen Gefässen, die inwendig mit Lehm ausgestrichen sind, geschmolzen, die Oberfläche von Schmutz gereinigt und mit einer Salmiakschicht bedeckt, um die Oxydation und Verdampfung des Zinks zu verhindern.

Das Verzinken geschieht auch noch in der Weise, dass man einen electrischen Strom durch eine Flüssigkeit leitet, in der Zink aufgelöst ist. Die Zinkauflösung wird durch den Strom zersetzt und auf das in die Flüssigkeit gehängte Eisen metallisch niedergeschlagen.

E. Das Zinn.

§. 24. Das Ausbringen des Zinnerzes.

Das Zinn wird nur aus dem **Zinnstein** gewonnen, der ca. 78 % Zinn enthält; derselbe besteht aus Zinnoxyd und Eisen, dem aber meistens noch andere Erze beigemengt sind.

Nachdem das Erz durch Pochen und Schlämmen aufbereitet ist, wird es geröstet, um es vom Schwefel zu befreien, mit dem die beigemischten fremden Erze verbunden sind. Die schwefelsauren Salze, welche sich beim Rösten bilden, werden durch wiederholtes Schlämmen ausgelaugt, worauf das Erz, mit Kohle geschichtet, in Schachtöfen niedergeschmolzen wird. Die Schlacke und das durch die Kohle reducirte Zinn sammelt sich in einem Vorherde, von wo die erstere abgezogen und das Zinn in ein Sammelgefäss abgelassen wird. Da die Metalle der übrigen Erze das so erhaltene Zinn noch verunreinigen, so muss es noch einer anderen Procedur unterworfen werden, die man **Seigern** oder **Pauschen** nennt.

Der Pauschherd bildet eine schiefe Ebene, vor dem ein Stichherd liegt. Auf diese schiefe Ebene bringt man eine ca. 20 Centim. hohe Lage glühender Kohlen und giesst das unreine Zinn im geschmolzenen Zustande mit Schöpfkellen darüber aus, wobei das leichtflüssige Zinn durch die Kohlen hindurchgeht und sich im Stichherde sammelt, während die strengflüssigeren Metalle erstarrt, als sogenannte **Seigerdörner** zwischen den Kohlen hängen bleiben.

§. 25. Die Verarbeitung und Verwendung des Zinns.

Das reine Zinn ist leicht dadurch zu erkennen, dass es beim Biegen einen eigenthümlich knisternden Ton von sich giebt. Es hat eine silberweisse Farbe, einen schönen Metallglanz und im Bruche ein faseriges Gefüge. Bei 230 Grad C. schmilzt das Metall, wobei es sich mit einer grauen Haut überzieht, welche aus metallischem Zinn und Zinnoxydul besteht, die aber bei fortgesetzter Erhitzung in Zinnoxyd oder Zinnasche übergeht.

Der Oxydation widersteht das Zinn sehr gut, so dass es vielfach als Ueberzug über Eisen, Kupfer, Messing und Blei gebraucht wird.

Die Art und Weise, wie diese Gegenstände **verzinnt** werden, ist der vorher beschriebenen Verzinkung ganz gleich, nur dass das Zinnbad anstatt mit Salmiak mit **Talg** bedeckt wird, und dass man das geschmolzene Zinn auch mit wollenen Lappen auf die vorher geputzten und erwärmten Gegenstände einreiben kann. Das im Handel vorkommende **Weissblech** ist verzinntes Eisenblech, was aber der Oxydation nicht so viel Widerstand leistet, wie das verzinkte Eisenblech.

Gegossen wird das Zinn meistens in metallene Formen, die aus mehreren Theilen bestehen. Im Baufache findet das Zinn wenig Verwendung.

F. Metall-Legirungen.

§. 26. Legirungen aus Kupfer und Zink.

Zu diesen Legirungen gehören das **Messing**, der **Tomback**, das **Semilor** (Mannheimer Gold) und das **Chrysorin**. Diese Metallverbindungen haben in ihrer ganzen Masse eine gleichförmige Beschaffenheit und können als Metalle verarbeitet werden. Gussmessing wird gewöhnlich aus 2 Theilen Kupfer und 1 Th. Zink; Messingblech und Messingdraht dagegen aus 8 Th. Kupfer und 3 Th. Zink zusammengesetzt.

Zum Schmelzen des Messings wendet man meistens Tiegel aus Graphit oder feuerfestem Thon an, in die man das zerkleinerte Kupfer und Zink schichtweise einträgt und darüber eine Schicht Kohlenstaub deckt, um die Oxydation zu vermeiden. Die Formen werden aus denselben Materialien wie bei der Eisengiesserei (§. 4) hergestellt.

Wenn das Messing nur ca. 20 % Zink enthält, so lässt es sich im glühenden Zustande gut schmieden und walzen und es wird durch wiederholtes Glühen und Bearbeiten sehr geschmeidig, wobei sein sonst **feinkörniges** Gefüge **faserig** wird; die Farbe des Messings ist gelb.

Der **Tomback** enthält in der Regel nur 8 bis 18 % Zink. Es ist sehr weich und dehnbar und hat eine röthliche Farbe.

Das **Semilor** hat eine goldähnliche Farbe und sein Zinkgehalt beträgt 36 bis 55 %; da es zuerst bei Machers in Mannheim verarbeitet wurde, so heisst es auch Mannheimer Gold.

Das **Chrysorin** ist in der Farbe dem 18- bis 20karätigen Golde sehr ähnlich und oxydirt nicht leicht an der Luft. Es besteht aus 100 Th. Kupfer und 51 Th. Zink. Bei der Darstellung kommt es vorzüglich darauf an, die Temperatur so niedrig wie möglich zu halten, damit das Zink nicht verdampfen kann. Beim Schmelzen bringt man erst $^1/_3$ des Zinkzusatzes auf den Boden eines Tiegels und darauf das **reine** Kupfer, welches dann mit einem Fluss von gebranntem Borax bedeckt wird. In dem Augenblicke, wo das Kupfer zu schmelzen beginnt, setzt man das übrige Zink in kleinen erwärmten Stückchen unter beständigem Umrühren zu und giesst die Legirung schnell aus. Die Güte der Legirung hängt hauptsächlich von der Uebung in dem Verfahren beim Zusammenschmelzen ab.

§. 27. Legirungen aus Kupfer und Zinn.

Diese Legirung nennt man Bronze oder Erz und man unterscheidet hiervon **Glockenmetall** und **Kanonenmetall**. Das erstere besteht aus 80 Th. Kupfer und 20 Th. Zinn; das letztere aus 90 Th. Kupfer und 10 Th. Zinn (französisches Kanonenmetall) oder aus 94 Th. Kupfer und 6 Th. Zinn (englisches Kanonenmetall. Beide Legirungen werden mehr und mehr durch den Gussstahl verdrängt.

§. 28. Legirungen aus Kupfer, Zinn, Zink und Blei.

Diese Legirung wird hauptsächlich zum Giessen von Bildsäulen und Büsten verwendet, weshalb sie **Statuenbronze** heisst. Es kommt hierbei besonders darauf an, dass das Metall im geschmolzenen Zustande möglichst **dünnflüssig** ist, damit es die feineren Theile der Gussform scharf ausfüllt und einen reinen Guss liefert; auch darf es nicht zu hart sein, weil es sich nach dem Erkalten ciseliren lassen muss. Die Statuenbronze enthält gewöhnlich 83 Th. Kupfer, 2 Th. Zinn, 11 Th. Zink und 3 Th. Blei. Das Metall wird bei grösseren Güssen in einem Flammofen geschmolzen, von wo aus man es, mittelst einer Abstichöffnung, durch eine mit Lehm ausgestrichene Rinne, in die Form überleitet. Die Herstellung der letzteren ist beim **Kunstgusse** oft mit vielen Schwierigkeiten verbunden und

wird nach verschiedenen Methoden ausgeführt. In der Regel wird der zu giessende Gegenstand zuerst in Thon modellirt und in Gyps abgegossen. Ueber dieses Gypsmodell giesst man eine hohle Gypsform aus mehreren Theilen, die sich gehörig zusammensetzen und an einander befestigen lässt. Nun wird in diese Form Wachs gegossen, so aber, dass sich nur eine Wachskruste von der Dicke der Metallstärke des zu giessenden Gegenstandes an die Form ansetzt; dieses Wachsmodell ist das eigentliche Modell des Gusses.

Die Gypsschale mit dem Wachsmodell wird nun mit dem oberen Theile nach unten gekehrt in eine Dammgrube gebracht, worauf man ein eisernes Gerippe in die Höhlung hineinhängt und dieselbe mit der **Kernmasse**, aus Gyps, Sand und Ziegelmehl bestehend, vollgiesst. Nachdem die Kernmasse erhärtet ist, wird das ganze Stück wieder umgedreht und die Gypsschale von dem Wachsmodelle entfernt, worauf man das letztere mit einem 2,5 Centim. starken Mantel aus **Formkitt** überzieht. Dieser besteht aus einer Mischung von Lehm, Ziegelmehl und Leimwasser. Ueber den Formkitt bringt man dann noch eine Schicht gewöhnlichen Lehm und hält den ganzen Mantel durch eiserne Reifen zusammen. Die so vollendete Gussform wird nun erhitzt, wobei das Wachs schmilzt und aus der Form ausfliesst, so dass der Raum zwischen Kern und Mantel leer wird und nach dem gehörigen Trocknen der Form mit Metall ausgegossen werden kann.

§. 29. Legirung aus Kupfer, Nickel und Zink.

Die Legirung hat eine silberähnliche Farbe, weshalb sie **Neusilber** oder **Argentan** heisst. Sie besteht, als Normalverhältniss, aus 5 Th. Kupfer, 3 Th. Zink und 2 Th. Nickel.

Die 2 Th. Nickel reichen gerade hin, um das Kupfer zu entfärben. Man nimmt nicht gern mehr von diesem Metall als eben erforderlich, weil die Legirung um so hämmerbarer und zäher ist, je weniger Nickel sie enthält.

Eine Composition von 16 Th. Kupfer, 10 Th. Zink und 6 Th. Nickel ist silberweiss, leicht wie Messing zu bearbeiten, gut polirbar, von hellem Silberklang und läuft an der Luft nicht an oder oxydirt nicht. Eine Hauptschwierigkeit liegt bei dieser Legirung in der Darstellung des arsenikfreien Nickels.

§. 30. Gold- und Silberlegirungen.

Gold und Silber sind zu weiche Metalle, als dass sie allein verarbeitet werden könnten; sie werden deshalb mit Kupfer legirt. Wird Gold mit Kupfer legirt, so heisst es die **rothe** Karatirung; mit Silber die **weisse** Karatirung und mit Kupfer und Silber zugleich die **gemischte** Karatirung. Die feine Mark Gold hat 16 Loth = 24 Karat à 12 Grän, und man versteht unter 18karätigem Golde eine Legirung von 18 Karat Gold und 6 Karat Kupfer oder Silber in der Mark.

Das reine Silber wird mit Kupfer legirt, wodurch es härter und klangvoller wird, ohne an Dehnbarkeit zu verlieren. Die **feine** Mark hat 16 Loth Feinsilber und man sagt von einer Legirung, deren **rauhe** Mark = 16 Loth, 12 Loth Feinsilber enthält, sie sei 12löthig. Bei Silbermünzen heisst das ganze Gewicht derselben das **Schrot**, während das in der Münze enthaltene Feinsilber das **Korn** genannt wird.

§. 31. Das Vergolden, Versilbern und Vernickeln.

Da das Gold und Silber seinen metallischen Zustand an der Luft nicht ändert, oder nicht oxydirt, so wird es häufig zum Ueberziehen anderer Metalle benutzt. Die Art der Vergoldung ist verschieden; man unterscheidet die **Feuervergoldung**, die **kalte** Vergoldung, die **nasse** Vergoldung, die Vergoldung mit **Blattgold** und die **galvanische** Vergoldung.

Die **Feuervergoldung** besteht darin, dass man ein Amalgam von Gold und Quecksilber bereitet, welches man auf den zu vergoldenden Gegenstand aufstreicht und darauf das

Quecksilber durch Glühen austreibt, wobei das Gold als dünner Ueberzug zurück bleibt. Das Amalgam wird dadurch bereitet, dass man dünnes zerschnittenes Goldblech in geschmolzenem Zustande mit Quecksilber zu einem Teige mischt. Diesen Teig trägt man im kalten Zustande mit einer kleinen Messingdrahtbürste auf den zu vergoldenden, vorher gehörig gereinigten Gegenstand auf, spült ihn in Wasser ab, lässt ihn trocknen und erhitzt ihn dann, wobei das Quecksilber verdampft. Dieses Verfahren wiederholt man oft mehrere Male, je nach der Stärke der Vergoldung.

Die **kalte** Vergoldung wird durch Anreiben bewirkt. Man löst zu diesem Zwecke Gold in Königswasser (1 Th. Salpetersäure und 3 bis 4 Th. Salzsäure) auf, taucht darin Leinwandläppchen und verbrennt diese zu Asche, welche nun das ganz fein zertheilte metallische Gold enthält. Die Asche wird mit einem etwas verkohlten Kork auf die zu vergoldenden Gegenstände aufgerieben, wobei das Gold auf den Metallflächen fest haftet. Die kalte Vergoldung nimmt eine vorzüglich schöne Politur an, ist aber nicht so dauerhaft wie die Feuervergoldung.

Die **nasse** Vergoldung führt man in der Weise aus, dass man Gold in Königswasser auflöst, dieses mit Wasser verdünnt und etwas kohlensaures Kali oder Natron zusetzt. Bringt man diese Flüssigkeit ins Kochen und hängt die zu vergoldenden Gegenstände höchstens eine Minute lang hinein, so sind sie mit einer feinen Goldhaut überzogen.

Die Vergoldung mit **Blattgold** kann sowohl bei metallischen wie bei hölzernen etc. Gegenständen angewendet werden. Die Metallgegenstände, welche vergoldet werden sollen, erhitzt man und reibt das käufliche Blattgold mit einem Polirstahl fest.

Die **galvanische** Vergoldung hat eine ausgedehnte Anwendung erlangt, indem sich durch diese Methode ein äusserst feiner ganz gleichmässiger Metallüberzug über den Metallgegenständen herstellen lässt. Die Vergoldung wird dadurch bewirkt, dass man einen electrischen Strom durch eine Flüssigkeit leitet, in der Gold aufgelöst ist. Der Strom zersetzt die Goldauflösung und das metallische Gold wird auf die in der Flüssigkeit hängenden Gegenstände niedergeschlagen.

Die Versilberung wird ebenfalls nach allen vorstehenden Methoden ausgeführt.

Elegante Thür- und Fensterbeschläge pflegt man zuweilen galvanisch mit Nickel zu überziehen oder zu **vernickeln**, wodurch dieselben einen schönen weissen Silberglanz erhalten und aussehen als ob sie versilbert wären. Der Nickelüberzug haftet fest auf dem Metalle und oxydirt nicht leicht an der Luft.

Zweiter Abschnitt.

Die Festigkeit der Materialien.

I. Die absolute Festigkeit.

§. 32. Vorbemerkungen.

Die Theilchen der festen Körper (Moleküle) hängen mit einer gewissen Kraft an einander, die man **Cohäsion** nennt, und welche überwunden werden muss, wenn die Körper in ihrer Gestalt durch Ausdehnung oder Zusammendrückung verändert werden sollen.

Wird ein Körper durch **Zug** oder **Druck** ausgedehnt oder zusammengedrückt, so können die Theilchen desselben, nachdem die Kraft aufgehört hat zu wirken, von selbst wieder in ihre vorige Lage zurückkehren; diese Fähigkeit der Körper nennt man **Elasticität**. Die Elasticität eines Körpers hat aber eine gewisse Grenze, denn die Zug- oder Druckkraft kann einen Körper so weit ausdehnen oder zusammendrücken, dass seine Theilchen, nach Wegnahme der Kraft, **nicht** wieder in ihre vorige Lage zurückkehren, indem dann seine sogenannte **Elasticitäts-Grenze** überschritten ist. Wird z. B. ein Stab von Schmiedeeisen durch Zug um mehr als $^1/_{1500}$ seiner Länge ausgedehnt, so nimmt er seine frühere Gestalt nicht vollkommen wieder an; das Schmiedeeisen hat daher bei $^1/_{1500}$ der Längenausdehnung seine Elasticitäts-Grenze erreicht.

Aus **Wertheim's** und **Hodgkinson's** Versuchen*) geht zwar hervor, dass es eine eigentliche Elasticitäts-Grenze nicht giebt, indem die Theilchen eines Stabes, wenn er auch nur wenig ausgedehnt wird, nicht wieder ganz genau in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren, wenn man die Zugkraft beseitigt.

In praktischer Hinsicht kann man aber doch eine Elasticitäts-Grenze annehmen, denn die Versuchsresultate stimmen darin überein, dass die bleibenden Verlängerungen erst dann deutlich hervortreten, wenn die ausdehnende Kraft bei Eisenarten etwa die Hälfte, bei Hölzern etwa den vierten Theil von derjenigen Kraft erreicht, bei der das Abreissen erfolgt. Man kann also annehmen, dass innerhalb dieser Elasticitäts-Grenze die Molekular-Gruppirung der Constructionsmaterialien keine wesentliche Aenderung erleidet.

Wird ein Stab durch eine Kraft so lange ausgedehnt, bis er abreisst, oder so lange zusammengedrückt bis er zerstört wird, so ist die Zug- oder Druckkraft, welche die Zerstörung bewirkt, als Maass der Festigkeit anzusehen. Es ist aber klar, dass die Grösse der Kraft von dem Querschnitte des Stabes abhängig sein muss, denn ein Stab von 2 □ Centim. Querschnittsfläche wird eine doppelt so grosse Kraft zum Zerreissen erfordern als ein andrer Stab, aus demselben Material, von 1 □ Centim. Querschnitt. Man bezieht deshalb das Maass der Festigkeit auf eine Querschnittsfläche = 1 (z. B. 1 □ Zoll, 1 □ Centim. 1 □ Millim. etc.) und nennt dieses Kraftmaass die **Bruchbelastung** oder den **Bruchmodul**, der im Folgenden mit K bezeichnet werden soll.

Man darf aber in der Praxis die Constructionstheile, der Sicherheit wegen, nicht bis zum Bruche belasten, weshalb man nur einen bestimmten Theil von K in die Rechnung

*) Förster's Bauzeitung 1853. p. 197.

einführt; bei Eisenconstructionen etwa $^1/_5$ K, bei Holzconstructionen $^1/_{10}$ K. Diese **zulässige Belastung** nennt man den **Sicherheits-Coefficienten** und dieser ist im Folgenden mit k bezeichnet. Nimmt man einen Constructionstheil mit $^1/_5$ oder $^1/_{10}$ K in **Anspruch**, so spricht man von 5facher oder 10facher **Bruchsicherheit**.

Die angestellten Versuche haben ergeben, **dass innerhalb der Elasticitäts-Grenze die Längenänderungen eines Stabes, durch eine Zug- oder Druckkraft, der Grösse dieser Kraft proportional sind.** Wird z. B. ein Eisenstab durch den Zug oder Druck von 100 Kilogramm um $^1/_{1000}$ verlängert oder verkürzt, so wird er durch das doppelte Gewicht um $^2/_{1000}$ seiner Länge ausgedehnt oder zusammengedrückt. Hieraus folgt auch, **dass sich innerhalb der Elasticitäts-Grenze die durch dieselben Kräfte hervorgebrachten Längenänderungen von Stäben direct wie die Längen und umgekehrt wie die Querschnitte der Stäbe verhalten.**

Es werde z. B. ein Eisenstab von 10 Meter Länge und 2 □Centim. Querschnitt von einer Kraft um 1 Millim. ausgedehnt oder zusammengedrückt, so ist die Längenänderung eines gleich langen Stabes von 1 □Centim. Querschnitt durch dieselbe Kraft gleich 2 Millim.

Als Maass der Elasticität dient diejenige Kraft, durch welche ein prismatischer Körper vom Querschnitte = 1 auf das Doppelte seiner Länge ausgedehnt oder auf 0 zusammengedrückt werden würde, wenn man eine solche Längenänderung als möglich voraussetzt. Dieses Elasticitätsmaass wird mit E bezeichnet und heisst **Elasticitätsmodul**. Die Werthe von K und E, für die verschiedenen Materialien, sind durch Versuche ermittelt und sind in Kilogramm auf 1 □ Centimeter und in Zollpfund auf 1 □ Zoll (rheinländisch) Querschnitt bezogen, aus der Tabelle I. zu entnehmen.

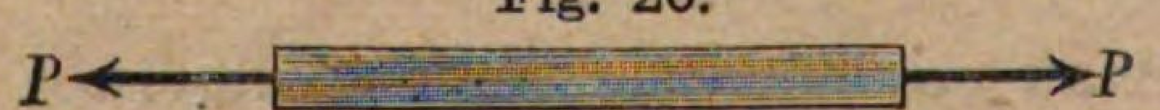
Die Zerstörung der Materialien kann durch Zerreissen, Zerdrücken, Zerbrechen, durch Abscheerung und durch Verdrehung oder Torsion hervorgerufen werden. Je nach der Art und Weise, wie äussere Kräfte auf die Materialien einwirken und sie auf Formänderung in Anspruch nehmen, unterscheidet man:

Zugfestigkeit
Druckfestigkeit
Biegungsfestigkeit
Abscheerungsfestigkeit und
Torsionsfestigkeit.

Da die letztere im Baufache nicht leicht vorkommt, so soll sie hier nicht weiter berücksichtigt werden.

§. 33. Die Zugfestigkeit oder absolute Festigkeit gegen Zug.

Fig. 20.



Auf Zugfestigkeit wird ein Stab in Anspruch genommen, wenn eine Kraft P, Fig. 20, ihn in seiner Längenrichtung auszudehnen sucht. Beispiele dieser Art zeigen die drei folgenden Figuren. Die dünne Stange, Fig. 21, wird von der Last P auf Zug beansprucht, ebenso auch das Seil in Fig. 22 und der Gewölbeanker in Fig. 23.

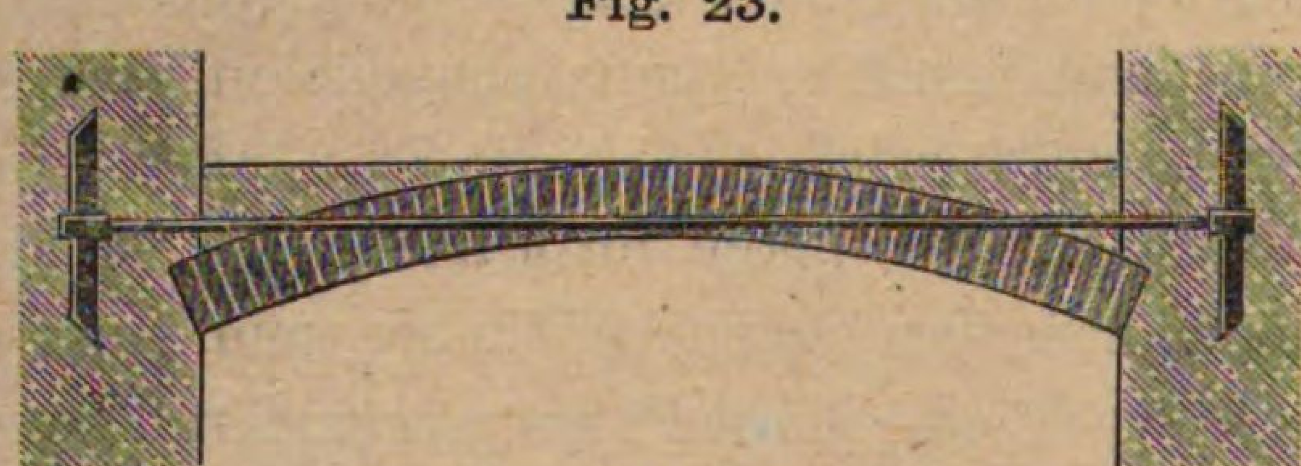
Fig. 21.



Fig. 22.



Fig. 23.



Nennt man:

P die Kraft, welche einen Stab auf Zug in Anspruch nimmt;
F den Querschnitt des Stabes in □Centim.;
k die zulässige Belastung auf 1 □Centim. in Kilogr.; so hat man:

$$P = k \,.\, F, \text{ oder } F = \frac{P}{k} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Tabelle I.

Kilogramm pro 1 □Centimeter.

Bezeichnung des Materials	Belastung die das Material zerstört: $K =$	Belastung die in der Praxis zulässig ist $k =$	Belastung die der Elasticitäts-Grenze entspricht	Elasticitäts-modul $E =$
Schmiedeeisen in Stäben . . .	3650—4390	730—1100	1460	2190000
Schmiedeeisen in Drähten . . .	6580	730—1460	2050	2040000
Eisenblech	3200	730—1160	2920	1700000
Gusseisen für Zug	1320	290—360	950	1170000
Gusseisen für einfachen Druck .	10000	520—1160	—	—
Stahl ungehärtet	7970	1460—2190	2460	2040000
Gussstahl gehärtet	10000	3650-5110	6700	3010000
Kupfer	2390	146—220	270	1100000
Kupferdraht	4990	658—950	1200	1200000
Messing	1230	220—360	480	650000
Messindraht	4970	730—1100	1370	990000
Blei gewalzt	130	60—90	102	50000
Eichenholz	720	73	146	110000
Kiefernholz	840	73—90	205	123000
Buchenholz	800	73—90	205	117000
Glas auf Zug	146	15	—	—
Glas auf Druck	1340	73	—	—
Hanfseil	1170	235	—	—

Zollpfund pro 1 □Zoll rheinländisch.

Bezeichnung des Materials	$K =$	$k =$	Elasticitäts-Grenze	$E =$
Schmiedeeisen in Stäben . . .	50000—60000	10000—15000	20000	30000000
Schmiedeeisen in Drähten . . .	90000	10000—20000	28000	28000000
Eisenblech	43800	10000—20000	40000	23300000
Gusseisen für Zug	18000	4000—5000	13000	16000000
Gusseisen für einfachen Druck .	137000	7000—20000	—	—
Stahl ungehärtet	109000	20000—30000	33700	28000000
Gussstahl gehärtet	137000	50000—70000	91700	41200000
Kupfer	32700	2000—3000	3700	15000000
Kupferdraht	68300	9000—13000	16400	16400000
Messing	16800	3000—5000	6500	8890000
Messingdraht	68000	10000—15000	18700	13600000
Blei gewalzt	1780	800—1200	1400	683000
Eichenholz	9800	1000	2000	1500000
Kiefernholz	11500	1000—1200	2800	1680000
Buchenholz	11000	1000—1200	2800	1600000
Glas auf Zug	2000	200	—	—
Glas auf Druck	18400	1000	—	—
Hanfseil	8000	1600	—	—

Beispiel. *Die Stange in Fig. 21 sei mit $P = 2800$ Kilogr. belastet, wie gross muss ihr Querschnitt sein?*

Bei etwa 5facher Sicherheit gegen Bruch hat man nach Tabelle I die zulässige Belastung $k = 730$ Kilogr. auf 1 □Centim. Querschnitt, daher ist der erforderliche Querschnitt

$$F = \frac{P}{k} = \frac{2800}{730} = 3{,}84 \;\square\,\textit{Centim.}$$

Bei quadratischem Querschnitte des Stabes hat man daher die Seite $= \sqrt{3{,}84} = 1{,}96$,

Tabelle II.

Kilogramm pro 1 □Centimeter.

Bezeichnung des Materials	Belastung die das Material zerstört: $K =$	Belastung die in der Praxis zulässig ist: $k =$
Gusseisen	5630—9940	510—1460
Schmiedeeisen	2920—4390	730—870
Stahl ungehärtet	6940	1460
Gussstahl ungehärtet	9940	2190
Kupfer	4090	730
Glas	1340	73
Basalt	1830	73—180
Granit	440—800	44—73
Marmor	220—440	22—44
Tufstein aus dem Brohlthale	57	5
Trachyt vom Drachenfels	200	20
Basaltlava von Niedermendig	440	44
Rüdersdorfer Kalksteine	230	23
Rother Nebraer Sandstein	157	16
Heller Nebraer Sandstein	365	36
Heilbronner Sandstein	278	28
Sandstein von Trier	555	55
Rother Sandstein von Höxter	300	30
Seeberger weisser Sandstein	365	36
Poröse Mauerziegel, leicht gebrannt	33	3
Gewöhnliche gute Mauerziegel	73—85	7—9
Gut gebrannte Thonsteine	110	11
Gute Rathenower Steine	146	14
Cementklotz (2 Th. S. 1 Th. C.) lufttrocken	29	3
- 3 Monat alt	91	9
Guter Kalkmörtel	36—72	4—7
Eichenholz	717	70
Kiefern-, Lärchen- und Fichtenholz	842	80
Tannenholz	659	65
Buchenholz	805	80

oder abgerundet $= 2$ *Centim.; bei rundem Querschnitte hat man den Stangendurchmesser* d *nach der Formel* $\frac{d^2 \cdot \pi}{4}$*) $= 3{,}84$; *woraus* $d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot 3{,}84} = \sqrt{4{,}89} = 2{,}2$ *Centim.*

Wird ein Stab auf jeden □Centim. seines Querschnittes mit der Spannung S gleichmässig gespannt, so dehnt er sich, seiner ursprünglichen Länge l proportional aus. Bezeichnet man diese durch die Kraft S bewirkte Ausdehnung mit x, und beachtet, dass der Elasticitätsmodul E (Tabelle I.) eine Kraft bezeichnet, welche einen Stab von 1 □Centim., resp. 1 □Zoll, Querschnitt auf das Doppelte seiner Länge auszudehnen vermag, so verhält sich

$$S : E = x : l, \text{ oder es ist:}$$

$$\frac{x}{l} = \frac{S}{E}, \text{ oder } x = l \cdot \frac{S}{E} \quad \ldots \quad (2)$$

Wird nun der Querschnitt F mit der Kraft P beansprucht, so ist die auf jeden

*) Ist der Durchmesser eines Kreises $= d$, so ist sein Flächeninhalt $\frac{d^2 \pi}{4}$, wobei π die Ludolph'sche Zahl $= 3{,}14159$ bezeichnet.

Tabelle II.

Zollpfund pro 1 □Zoll rheinländisch.

Bezeichnung des Materials	Belastung die das Material zerstört: $K =$	die in der Praxis zulässig ist: $k =$
Gusseisen	77000—136000	7000—20000
Schmiedeeisen	40000—60000	10000—12000
Stahl ungehärtet	95000	20000
Gussstahl ungehärtet	136000	30000
Kupfer	56000	10000
Glas	18400	1000
Basalt	25000	1000—2500
Granit	6000—11000	600—1000
Marmor	3000—6000	300—600
Tufstein aus dem Brohlthale	780	78
Trachyt vom Drachenfels	2760	276
Basaltlava von Niedermendig	6000	600
Rüdersdorfer Kalksteine	3160	300
Rother Nebraer Sandstein	2150	215
Heller Nebraer Sandstein	5000	500
Heilbronner Sandstein	3700	370
Sandstein von Trier	7600	760
Rother Sandstein von Höxter	4100	400
Seeberger weisser Sandstein	5000	500
Poröse Mauerziegel, leicht gebrannt	450	45
Gewöhnliche gute Mauerziegel	1000—1150	100—115
Gut gebrannte Thonsteine	1500	150
Gute Rathenower Steine	2000	200
Cementklotz (2 Th. S. 1 Th. C.), lufttrocken	400	40
- 3 Monat alt	1250	125
Guter Kalkmörtel	500—1000	50—100
Eichenholz	9800	1000
Kiefern-, Lärchen- und Fichtenholz	11500	1000—1200
Tannenholz	9000	900
Buchenholz	11000	1000—1200

□Centim. kommende Spannung $S = \frac{P}{F}$, und dann hat man nach dem vorhergehenden Verhältniss $\frac{P}{F} : E = x : l$ und hieraus

$$\frac{x}{l} = \frac{P}{F \cdot E}, \text{ oder } x = \frac{P \cdot l}{F \cdot E} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (3)$$

während der Elasticitätsmodul $E = \frac{P \cdot l}{F \cdot x}$ ist.

Nach dieser Formel konnte E durch Versuche für die verschiedenen Materialien bestimmt werden.

Beispiel. *Wie gross ist die durch die Belastung P bewirkte Ausdehnung der im vorigen Beispiele berechneten Eisenstange, deren Länge im unbelasteten Zustande* = 6 *Meter* = 600 *Centim. ist?*

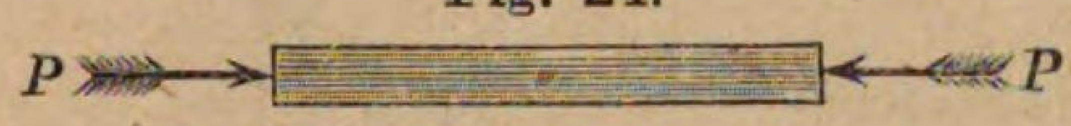
Nimmt man (*nach Tabelle I*)

$$E = 2190000 \text{ so ist } x = \frac{P \cdot l}{F \cdot E} = \frac{2800 \cdot 600}{3{,}84 \cdot 2190000} = 0{,}2 \text{ Centim.} = 2 \text{ Millim.}$$

§. 34. Die Druckfestigkeit oder die absolut rückwirkende Festigkeit.

Ein Stab wird auf Druckfestigkeit beansprucht, wenn die angreifende Kraft P ihn in seiner Längenrichtung, wie in Fig. 24 dargestellt, zusammenzudrücken sucht. Der Druck bleibt so lange ein **einfacher**, als die Länge des Stabes im Verhältnisse zu seinem Querschnitte nicht so gross ist, dass ein Ausbiegen des Stabes stattfinden kann.

Fig. 24.



Beträgt seine Länge mehr als das 15fache der kleinsten Querschnittsdimension, so muss man die Möglichkeit des Ausbiegens berücksichtigen und der Stab wird dann auf **zusammengesetzt rückwirkende** Festigkeit in Anspruch genommen. Beim **einfachen** Druck ist der erforderliche tragfähige Querschnitt F, wie bei der Zugfestigkeit, einfach der Belastung P proportional. Man hat daher wieder:

$$P = k\,F, \text{ oder } F = \frac{P}{k} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Die Werthe für k sind aus der Tabelle II zu entnehmen.

Beispiel. *Eine Stütze aus Eichenholz soll mit* 24500 *Kilogr. belastet werden, wie gross muss ihr Querschnitt sein?*

Nach der Tabelle II hat man die zulässige Belastung pro 1 □ *Centim. für Eichenholz* = 70 *Kilogr.; daher ist*

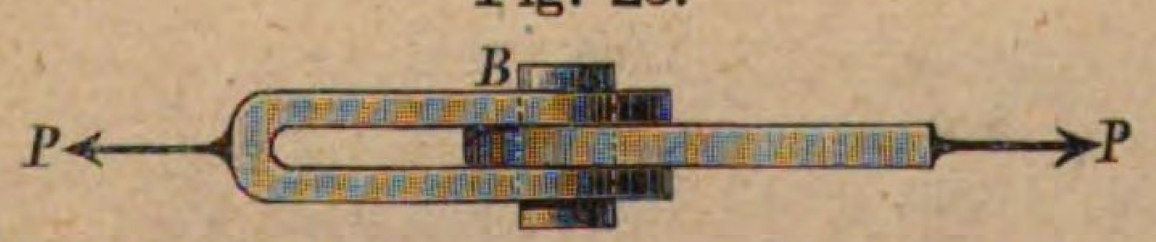
$$F = \frac{P}{k} = \frac{24500}{70} = 350 \;\square\, \textit{Centim.}$$

woraus sich, bei quadratischem Querschnitte, die Seite der Stütze = $\sqrt{350}$ = 18,7 *Centim. ergiebt. Die Höhe der Stütze darf hierbei etwa* 15 × 18,7 = 280 *Centim.* = 2,8 *Meter nicht überschreiten.*

§. 35. Die Abscheerungsfestigkeit oder Schubfestigkeit.

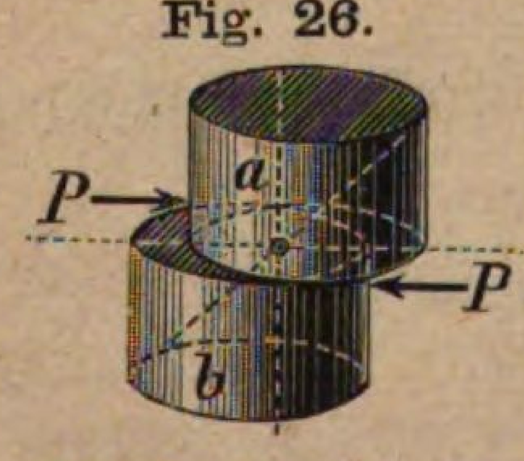
Auf Abscheerungsfestigkeit wird ein Körper beansprucht, der rechtwinklig zu seiner Längenaxe durch die Kräfte P einen Schub erfährt, wie z. B. der Bolzen B in Fig. 25. Da hier die Wirkung der Kräfte dem Abschneiden mit der Scheere ähnlich ist, so hat man den Widerstand, den die Körper dieser Kraftwirkung entgegen setzen, Abscheerungsfestigkeit genannt.

Fig. 25.



Greifen die Kräfte P, Fig. 26, dicht neben einander einen Stab in der Ebene des Querschnittes an, so wird bei hinreichender Grösse der Kräfte P der Theil a von b getrennt oder abgeschoben. Der Widerstand, den das Schmiedeeisen dem Abschieben entgegen setzt, ist nach Versuchen von **Lavelley** etwa gleich $^4/_5$ der Zugfestigkeit, was man auch wahrscheinlich beim Gusseisen und Stahl annehmen kann, obgleich Versuche hierüber fehlen.

Fig. 26.



Ist nun wieder:

P die Kraft, welche einen Stab auf Abscheerung beansprucht,

F der Querschnitt des Stabes in □ Centim.,

k die zulässige Belastung auf 1 □ Centim. in Kilogr.; so hat man $P = k \cdot F$; oder wenn man für k die Werthe für Zugfestigkeit aus Tabelle I entnimmt und mit $^4/_5 = 0{,}8$ multiplicirt, so ist

$$P = 0{,}8 \,.\, k \,.\, F, \text{ oder } F = \frac{P}{0{,}8 \,.\, k} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Die Abscheerungsfestigkeit kommt hauptsächlich bei Nietverbindungen vor.

II. Die relative Festigkeit.

§. 36. Die elastische Linie, die neutrale Axe und die Biegung der Linien.

Ein Stab wird auf Biegungsfestigkeit oder auf **relative** Festigkeit in Anspruch genommen, wenn äussere Kräfte **senkrecht** zu seiner Längenaxe auf ihn einwirken.

Der Stab, Fig. 27, liege auf zwei Stützpunkten und werde durch die Kraft P in seiner Mitte belastet. Hierbei findet eine Durchbiegung statt, wobei die obere Stablinie **verkürzt**, die untere aber **verlängert** wird. Denkt man sich nun den Stab aus innig mit einander verbundenen **Fasern** bestehend, so wird bei der Biegung die obere Faserschicht **zusammengedrückt**, die untere dagegen **ausgedehnt**. Bei dieser Annahme ist es natürlich, dass in dem Stabquerschnitte eine Faserschicht sein muss, die weder zusammengedrückt noch ausgedehnt wird. Diese Schicht nennt man die **neutrale Faserschicht** oder die **elastische Fläche**, und die Mittellinie dieser Fläche die **elastische Linie**. Jeder zur elastischen Linie senkrechte Querschnitt wird von der elastischen Fläche in zwei Theile getheilt, Fig. 28, wovon der eine auf **Zug**, der andere auf **Druck** beansprucht wird. Die Linie zz, welche mit der elastischen Fläche zusammen fällt und durch den **Schwerpunkt** der Stabquerschnitte geht, heisst die **neutrale Axe**. Die elastische Linie erleidet also bei der Biegung des Stabes keine Längenänderung, sondern sie bildet nach einem gewissen Gesetze eine stetige Curve.

Fig. 27.

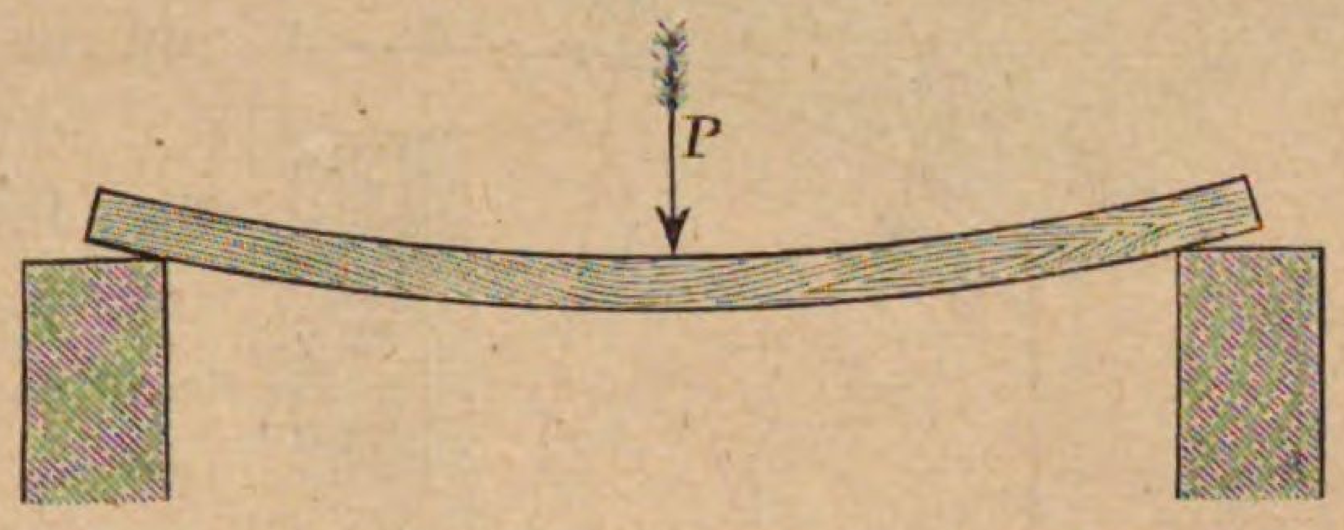
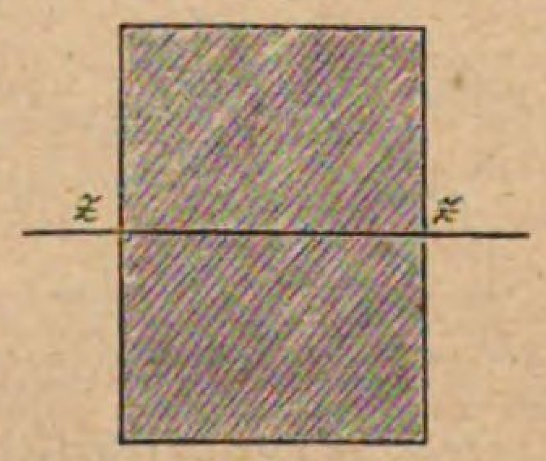
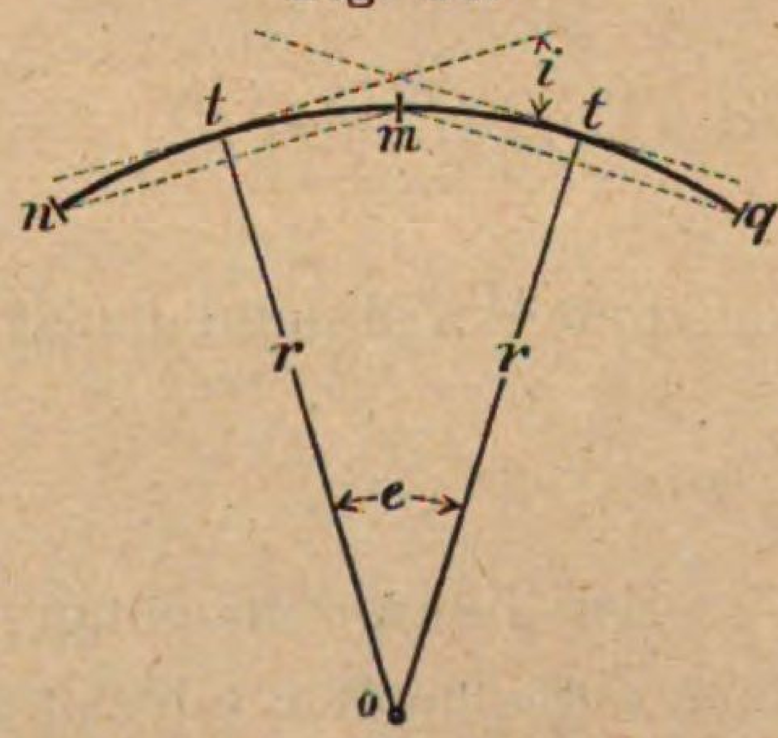


Fig. 28.



Betrachtet*) man bei der Curve, Fig. 29, zwei neben einander liegende Bogenelemente nm und mq und zieht aus der Mitte je eines Elementes die Normalen to, so schneiden sich diese Linien in einem Punkte o, welcher der Mittelpunkt des Kreises ist, der durch die Punkte n, m, q geht. Dieser Kreis heisst der Krümmungskreis der Curve und die Linien ot sind die **Krümmungsradien** r.

Fig. 29.



Bezeichnet man den mit einer Entfernungseinheit zwischen den Normalen ot beschriebenen Bogen mit e, so wird der Elementarbogen $t, t = s$ ausgedrückt durch:

$$s = r \cdot e, \text{ woraus } r = \frac{s}{e}, \text{ oder } e = \frac{s}{r} \quad . \quad . \quad (6)$$

oder auch:

$$\frac{1}{r} = \frac{e}{s} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Der Winkel i, den die Tangenten der Krümmung, an die Punkte t gezogen, mit einander bilden, ist gleich dem Winkel e und heisst der Berührungswinkel.

§. 37. Theorie des Widerstandes der Körper gegen Biegung; Trägheitsmoment und Widerstandsmoment.

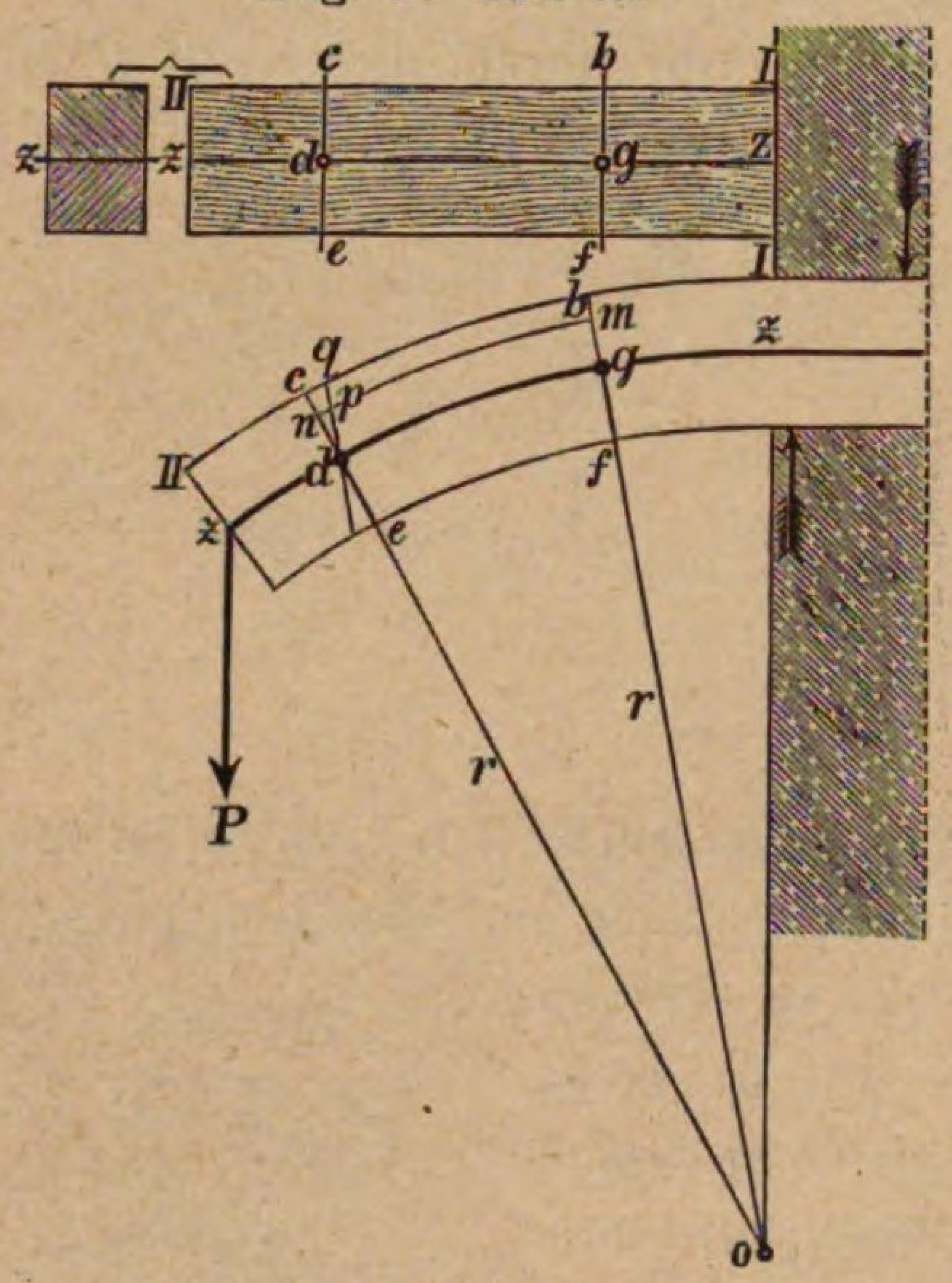
Denkt man sich einen Stab, Fig. 30, mit einem Ende fest eingespannt, z. B. eingemauert, und das andere Ende desselben der Wirkung einer äussern Kraft P ausgesetzt,

*) A. Morin, Widerstand der Baumaterialien. Förster's Bauzeitung 1854. S. 201.

so wird der Stab, bei genügender Grösse der Kraft P, gebogen. Bei der Biegung werden die oberhalb der Linie z, z, Fig. 30, liegenden Fasern **ausgedehnt**, die unterhalb dieser Linie liegenden **zusammengepresst**. Bei der Biegung geht also eine **Drehung** der Querschnitte um die **neutrale Axe** vor sich, und die Ausdehnung und Zusammenpressung der einzelnen Fasern erfolgt proportional der Entfernung von der neutralen Axe.

Die auf der Linie I, II des unbelasteten Stabes, Fig. 30, senkrechten und zu einander parallelen Querschnittsebenen $b\,f$ und $c\,e$ sind nach der Biegung des Stabes nicht mehr parallel zu einander, sondern sie bleiben in den Punkten g und d bei der Biegung senkrecht zu der elastischen Linie z, z. Legt man also durch g und d Senkrechte zu z, z und verlängert diese bis sie sich in einem Punkte o schneiden, so ist o der Krümmungsmittelpunkt und man hat (nach §. 36) $d\,o = r$ und $g\,d = s$.

Fig. 30 und 31.



Zieht man durch den Punkt d eine Linie parallel zur Linie $b\,f$, so muss sich offenbar jede Faser $m\,n$, welche vor der Biegung eine Länge $g\,d = m\,p$ hatte, um die Grösse $p\,n$, die ihrem Abstande $p\,d$ von der neutralen Axe proportional ist, verlängert haben. Die ähnlichen Dreiecke $g\,o\,d$ und $p\,d\,n$ ergeben das Verhältniss $p\,n : d\,n = s : r$ oder $\frac{p\,n}{d\,n} = \frac{s}{r}$ und hiernach $p\,n = \frac{s}{r} \cdot d\,n$, oder wenn man den Abstand $d\,n$ des Punktes n von der neutralen Axe mit v bezeichnet, so ist

$$p\,n = \frac{s}{r} \cdot v.$$

Bezeichnet noch:

x die verhältnissmässige Verlängerung einer Faser im Abstande v von der neutralen Axe;
w die Widerstandsfähigkeit des Körpers gegen Längenänderung pro Flächeneinheit;
a den Elementarflächenraum des Querschnitts einer Faser; so hat man aus dem Verhältnisse

$$p\,n : m\,p = p\,n : g\,d = d\,n : d\,o$$

$$\frac{p\,n}{m\,p} = \frac{p\,n}{g\,d} = \frac{d\,n}{d\,o} = \frac{v}{r} = x; \quad \ldots \ldots \quad (8)$$

und der Widerstand der Faser gegen die Verlängerung ist dann

$$w \,.\, a \,.\, x = w \,.\, a \,.\, \frac{v}{r} = \frac{w}{r} \,.\, a \,.\, v \quad \ldots \ldots \quad (9)$$

Bei dieser Rechnung ist vorausgesetzt, dass die Biegungen des Stabes sehr klein, und dass die biegende Kraft annähernd **senkrecht** zu der Länge des Stabes bleibt, wie dies im Baufache durchweg der Fall ist. Die Widerstände gegen Zusammenpressung sind dann, innerhalb der Elasticitätsgrenze, den Widerständen gegen Ausdehnung gleich (ausser beim Gusseisen); ebenso sind die Verkürzungen gleich den Verlängerungen.

Betrachtet man nun den Querschnitt $c\,e$, Fig. 31, der sich bei der Biegung des Stabes um die neutrale Axe d dreht, und beachtet, dass der Widerstand einer Faser im Punkte n nach Formel (9) $\frac{w}{r} \cdot a \,.\, v$ an dem Hebelarme $d\,n = v$ wirkt, so ist das Moment des Widerstandes im Punkte n, in Bezug auf die neutrale Axe, gleich

$$\frac{w}{r} \,.\, a \,.\, v \,.\, v = \frac{w}{r} \,.\, a \,.\, v^2 \quad \ldots \ldots \quad (10)$$

Die Summe aller solcher Momente für den ganzen Querschnitt ist

$$\frac{w}{r} \left(a \,.\, v^2 + a_1 \,.\, v_1^2 + a_2 \,.\, v_2^2 + a_3 \,.\, v_3^2 + \ldots\right) \quad \ldots \ldots \quad (11)$$

Diese Summe der Produkte $a \cdot v^2 + a_1 \cdot v_1^2$ u. s. w. der Querschnittsfläche jeder Faser in das Quadrat ihrer Entfernung von der neutralen Axe, nennt man das **Trägheitsmoment** des Querschnittes und es wird gewöhnlich durch den Buchstaben J bezeichnet.

Hiernach ist die Summe der Momente aller molekularen Widerstände eines Körper-Querschnittes gegen Ausdehnung und Pressung

$$\frac{w}{r} \cdot J$$

Da bei der Biegung des Stabes, Fig. 31, eine Drehung der Querschnitte um die neutrale Axe stattfindet, so wird offenbar die von dieser Axe entfernteste Faser am meisten verlängert oder verkürzt. Da nun dc grösser ist als dn, so hat die Faser bq die grösste Längenänderung erlitten, nämlich eine Verlängerung qc.

Bezeichnet man nun wieder mit v die Entfernung dc **der am stärksten gespannten Faser von der neutralen Axe**, so ist durch die ähnlichen Dreiecke

$$\frac{qc}{gd} = \frac{dc}{do} = \frac{v}{r}.$$

Nennt man wieder x die proportionale Verlängerung, so muss $\frac{v}{r} = x$ sein und man hat nach Formel (7)

$$\frac{1}{r} = \frac{x}{v} \qquad \text{. (12)}$$

Daher ist:

$$\frac{w \cdot J}{r} = \frac{w \cdot J \cdot x}{v} \qquad \text{. (13)}$$

Ist nun aber k die Belastung, welche jede Flächeneinheit des Körpers mit Sicherheit tragen kann, sowie x die hierbei zulässige Ausdehnung der am stärksten gespannten Faser, so ist $k = w \cdot x$, daher $x = \frac{k}{w}$ und hieraus hat man mit Berücksichtigung derFormel (13)

$$\frac{w \cdot J}{r} = \frac{w \cdot J \cdot x}{v} = \frac{w \cdot J \cdot k}{v \cdot w} = k \cdot \frac{J}{v} \qquad \text{. (14)}$$

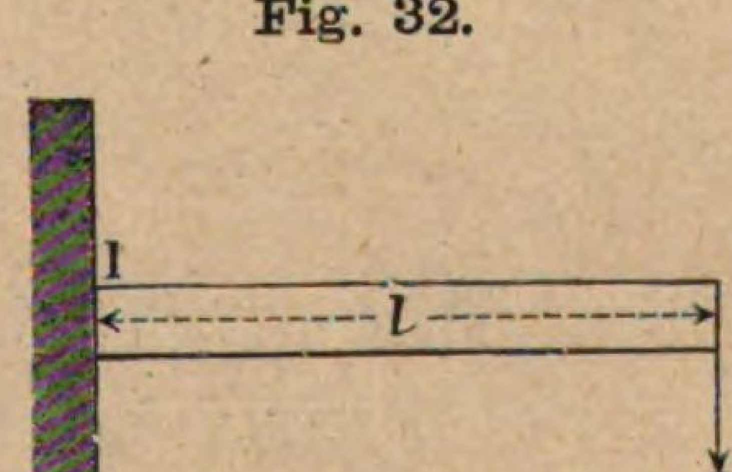
Den Ausdruck $\frac{J}{v}$ nennt man das **Widerstandsmoment**, welches gewöhnlich mit W bezeichnet wird; es ist also:

$$W = \frac{J}{v} \qquad \text{. (15)}$$

Damit ein Balken nun die genügende Sicherheit gegen Bruch hat, **muss zwischen den molekularen oder inneren Widerständen und den äusseren Kräften Gleichgewicht stattfinden.** Ist z. B. der Balken, Fig. 32, an einem Ende fest eingespannt und am andern durch eine Kraft P belastet, so ist das grösste Angriffs- oder Biegungsmoment im Querschnitte an der Einspannungsstelle $= P \cdot l$. Soll nun Gleichgewicht stattfinden, so hat man die Bedingung, nach Formel (14 und 15):

$$W \cdot k = P \cdot l \qquad \text{. (16)}$$

Fig. 32.



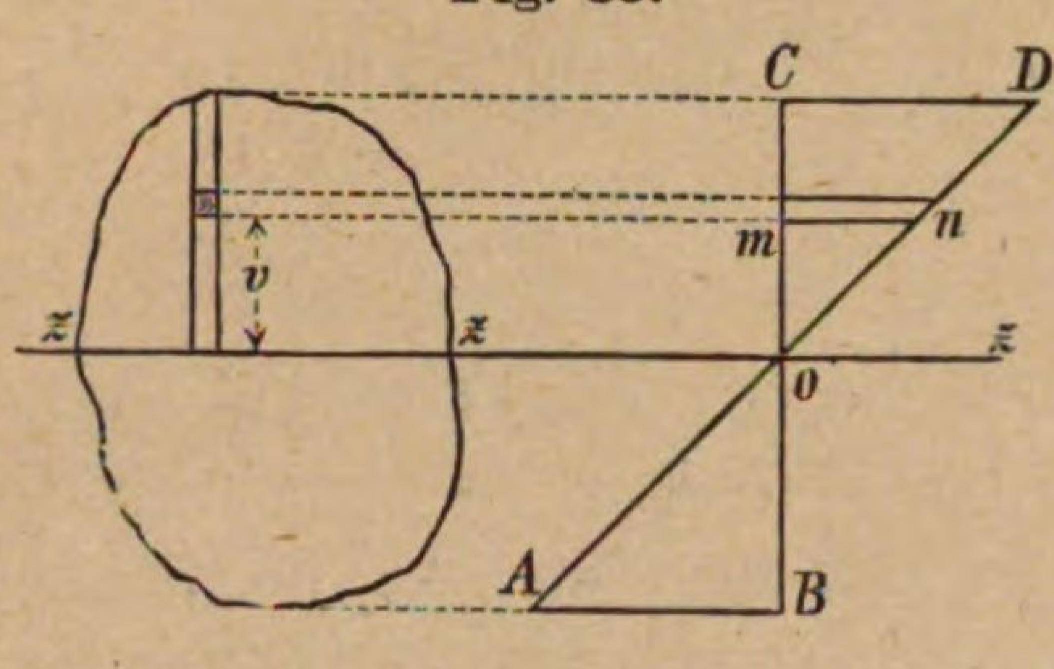
Da das Moment $P \cdot l$ an der Einspannungsstelle bei I Fig. 32 am grössten wird, so würde hier, bei fortgesetzter Belastung, der Bruch eintreten müssen. Aus diesem Grunde nennt man den Querschnitt, für welchen $P \cdot l$ am grössten wird, den **gefährlichen Querschnitt**, oder den **Bruch-Querschnitt**, und an dieser Stelle darf die von der neutralen Axe entfernteste Faser pro Flächeneinheit nur mit der zulässigen Belastung k gespannt werden.

§. 38. Trägheitsmomente und Widerstandsmomente für verschiedene Querschnitte.

Als Anleitung zur Berechnung der Trägheitsmomente auf elementarem Wege diene die folgende Betrachtung von **Poncelet.**

In dem beliebigen Querschnitte der Fig. 33 sei a der Flächenraum einer in der Entfernung v von der neutralen Axe z, z liegenden Faser (Flächenelement). Zieht man $\overline{mn} = \overline{mo}$ senkrecht auf die Ebene BC, so ist offenbar $a \cdot v = a \cdot \overline{mn}$, oder gleich dem Rauminhalte des Prisma's dessen Grundfläche a und dessen Höhe v ist, und das Product $a \cdot v^2 = a \cdot \overline{mn} \cdot \overline{mo}$ ist das Moment dieses Rauminhaltes in Bezug auf die neutrale Axe.

Fig. 33.



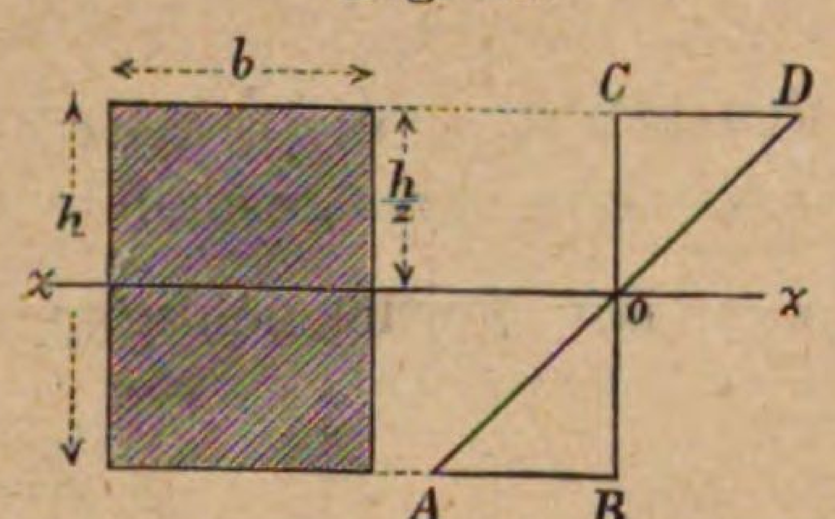
Um nun das ganze Trägheitsmoment zu erhalten, müsste man die Summe der Momente aller Elementarabschnitte der CDo und ABo ähnlichen Profile der beiden Seiten von z, z zusammen nehmen, und diese beiden beziehungsweise zu den obern und untern Theilen des Querschnittes relativen Summen zu einander addiren. Bei dem Dreiecke CDo ist diese Summe aber gleich dem Moment des Dreiecks in Bezug auf die neutrale Axe z, z oder gleich dem Producte seiner Fläche $\frac{1}{2} \cdot \overline{oC} \cdot \overline{CD}$ mit dem Abstande $\frac{2}{3}\,\overline{oC}$ seines Schwerpunktes von der neutralen Axe z, z.

Sie ist also gleich:

$$\tfrac{2}{3} \cdot \overline{oC} \cdot \tfrac{1}{2} \cdot \overline{oC} \cdot \overline{CD} = \tfrac{1}{3} \cdot \overline{oC}^3 \cdot$$

Bei dem **rechteckigen Querschnitte**, Fig. 34, theilt die neutrale Axe die Höhe h desselben in zwei gleiche Theile. Die Summe der Producte der Flächenelemente in ihrer Entfernung v von der neutralen Axe, ist nach dem Vorhergehenden gleich dem Producte des Totalflächenraumes $\frac{1}{2}\,\overline{oC} \cdot \overline{CD} \cdot b$ des Prismas, dessen Basis CDo und dessen Höhe die Breite b des Körpers wäre, in den Abstand $\frac{2}{3} \cdot \overline{oC}$ seines Schwerpunktes von der neutralen Axe z, z. Da nun h die Höhe und b die Breite des Querschnittes ist, so wird der Rauminhalt des Prismas ausgedrückt durch

Fig. 34.



$$\tfrac{1}{2} \cdot \frac{h}{2} \cdot \frac{h}{2} \cdot b = \tfrac{1}{8} \cdot b \cdot h^2.$$

Die Entfernung seines Schwerpunktes von der neutralen Axe z, z ist

$$\tfrac{2}{3} \cdot \overline{oC} = \tfrac{1}{3}\,h, \text{ folglich}$$

erhält man für das Trägheitsmoment des **oberhalb** der neutralen Axe liegenden Prismas den Werth

$$\tfrac{1}{3} \cdot h \cdot \tfrac{1}{8} \cdot b \cdot h^2 = \tfrac{1}{24} \cdot b \cdot h^3.$$

Derselbe Werth ergiebt sich für das **unterhalb** der neutralen Axe liegende Prisma, wenn auf beiden Seiten der neutralen Axe vollständige Symmetrie herrscht, es ist also das **Trägheitsmoment**

$$J = \tfrac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

Da nun die am stärksten gespannte Faser um $v = \frac{h}{2}$ von der neutralen Axe absteht, so ist das **Widerstandsmoment** nach Formel (15)

$$W = \frac{J}{v} = \frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{\frac{h}{2}} = \tfrac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (18)$$

Wäre der Querschnitt ein **Quadrat**, so ist $b = h$ und somit

$$J = \tfrac{1}{12} \cdot h \cdot h^3 = \tfrac{1}{12} \cdot h^4 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (19)$$

und

$$W = \frac{J}{v} = \frac{\frac{1}{12} \cdot h^4}{\frac{h}{2}} = \tfrac{1}{6} \cdot h^3 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (20)$$

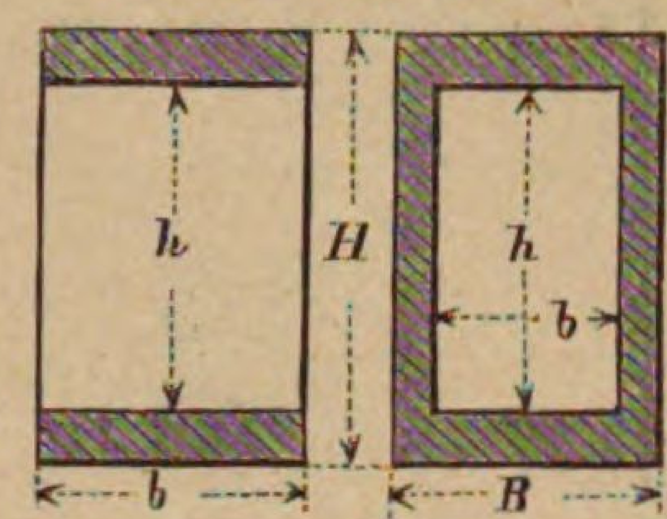
Hat der Querschnitt die Form Fig. 35, so ist offenbar sein Trägheitsmoment gleich dem Trägheitsmomente des **äussern** Rechteckes **weniger** dem Trägheitsmomente des **innern** Rechteckes. Man hat daher

$$J = {}^1/_{12} \cdot b \cdot H^3 - {}^1/_{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{b}{12}(H^3 - h^3) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (21)$$

und das Widerstandsmoment

$$W = \frac{J}{v} = \frac{{}^1/_{12} \cdot b\,(H^3 - h^3)}{\frac{H}{2}} = \frac{b}{6H}(H^3 - h^3) \quad . \quad (22)$$

Fig. 35 und 36.



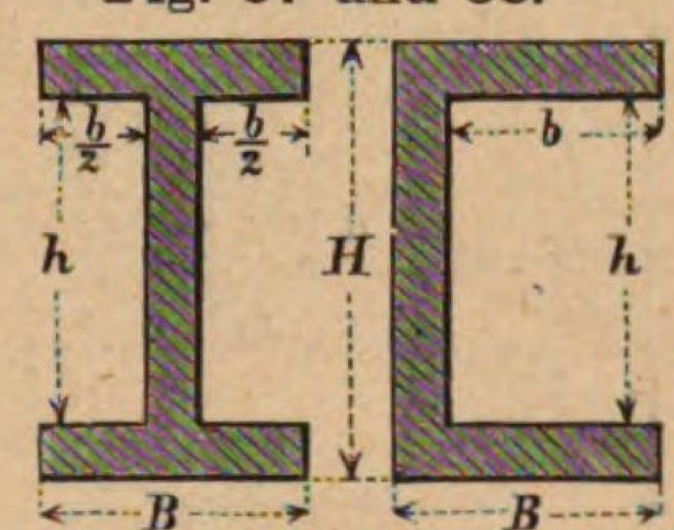
Für die Querschnittsform, Fig. 36, gilt dasselbe; man hat hier:

$$J = {}^1/_{12} \cdot B \cdot H^3 - {}^1/_{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{12} \quad . \quad (23)$$

$$W = \frac{J}{v} = \frac{{}^1/_{12} \cdot B \cdot H^3 - {}^1/_{12} \cdot b \cdot h^3}{\frac{H}{2}} = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} \quad . \quad (24)$$

Die Trägheitsmomente der Querschnitte Fig. 37 und Fig. 38 sind einander gleich, indem bei diesen Querschnittformen nur die Mittelrippe, **der Steg**, eine andere Lage hat, was die Trägheitsmomente jedoch nicht ändert. Zieht man von dem Trägheitsmomente des **äussern** Rechteckes das Trägheitsmoment des **innern** Rechteckes ab, so erhält man:

Fig. 37 und 38.



$$J = {}^1/_{12} \cdot B \cdot H^3 - {}^1/_{12}\, b \cdot h^3 = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{12} \quad . \quad (25)$$

$$W = \frac{J}{v} = \frac{{}^1/_{12} \cdot B \cdot H^3 - {}^1/_{12} \cdot b \cdot h^3}{\frac{H}{2}} = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} \quad . \quad (26)$$

Die in Fig 39 dargestellte Querschnittsform wird in der Praxis sehr häufig zu schmiedeeisernen Balken und Trägern angewendet. Das Trägheitsmoment dieses Querschnittes ist gleich dem Trägheitsmomente des **äussern** Rechteckes, **weniger** den Trägheitsmomenten der **verschiedenen innern** Rechtecke. Es ist:

Fig. 39.



$$J = {}^1/_{12} \cdot B \cdot H^3 - {}^1/_{12} \cdot b \cdot h^3 - {}^1/_{12} \cdot b_{,} \cdot h_{,}^3 - {}^1/_{12} \cdot b_{,,} \cdot h_{,,}^3; \text{ oder}$$

$$J = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3 - b_{,} \cdot h_{,}^3 - b_{,,} \cdot h_{,,}^3}{12} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (27)$$

Dividirt man diesen Ausdruck durch den Abstand der am stärksten gespannten Faser $v = \frac{H}{2}$, so erhält man das Widerstandsmoment

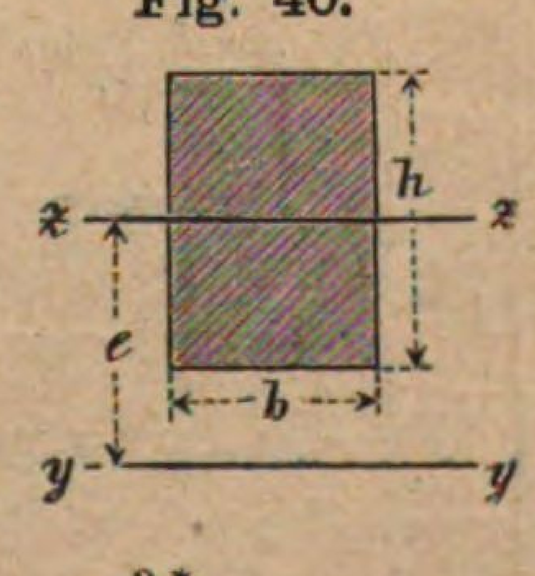
$$W = \frac{J}{v} = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3 - b_{,} \cdot h_{,}^3 - b_{,,} \cdot h_{,,}^3}{6 \cdot H} \quad \ldots \quad (28)$$

Die nachstehende Tabelle giebt die Formeln für die Trägheitsmomente und Widerstandsmomente der gebräuchlichsten Querschnittsformen. Man muss beim Gebrauche dieser Formeln beachten, auf welches Maass man das Trägheitsmoment J und das Widerstandsmoment W bezieht; setzt man z. B. die Querschnittsdimensionen in **Zollen** ein, so muss man beim Berechnen der Tragfähigkeit der Balken auch die Längendimensionen der Balken in **Zollen** einsetzen. Gebraucht man für die Querschnittsdimensionen **Meter** oder **Centimeter**, so sind für die Balkenlängen auch **Meter** oder **Centimeter** einzusetzen.

Die genauen Formeln No. 9, 10, 14, 15 und 18 der Tabelle III. sind für die Praxis etwas unbequem; da dieselben aber am häufigsten vorkommen, so kann man zur Aufsuchung der Querschnittsdimensionen vorläufig die in Tabelle IV. enthaltenen Näherungswerthe gebrauchen und dann den Querschnitt nach der genauen Formel berichtigen.

Die vorstehenden Trägheitsmomente und Widerstandsmomente sind sämmtlich auf die **neutrale Axe** bezogen, welche durch den **Schwerpunkt** des Querschnittes geht. Will man das Trägheitsmoment zu einer andern Axe z. B. Fig. 40 zur Axe y, y, welche zu der Schwerpunktaxe z, z **parallel** ist, finden, so ist, wenn man:

Fig. 40.



F den Flächeninhalt des Querschnittes,
J das Trägheitsmoment zur Schwerpunktaxe z, z,
T das Trägheitsmoment zur Axe $y\,y$, und
e den Abstand der beiden Axen nennt

$$T = J + e^2 \cdot F \quad \ldots\ldots\ldots \quad (29)$$

Tabelle III.

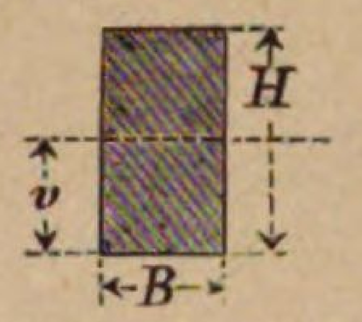
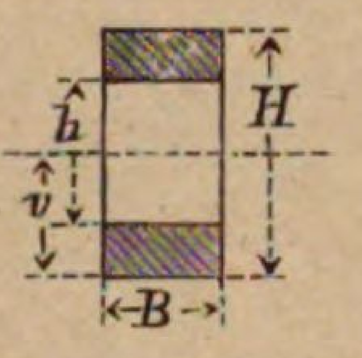
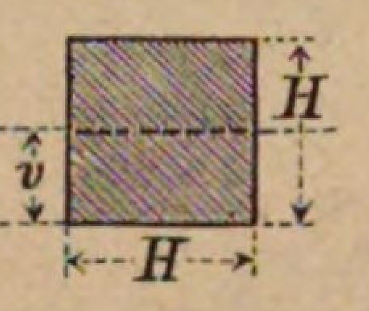
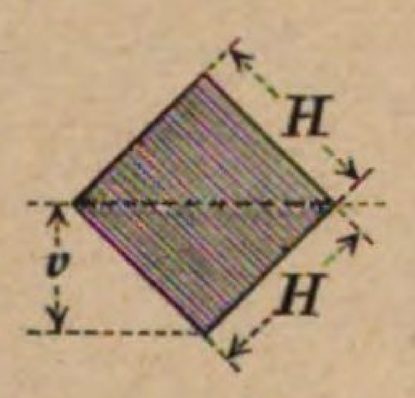
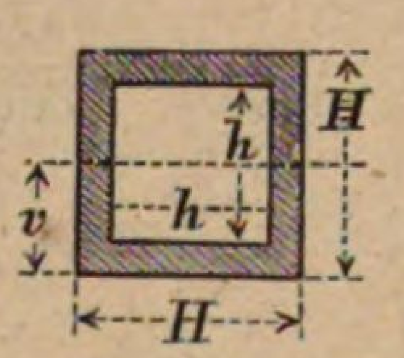
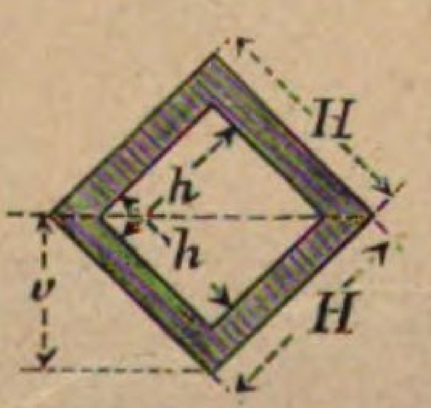
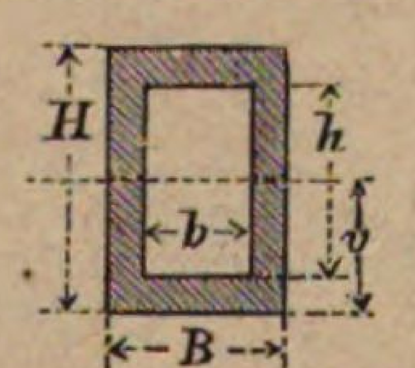
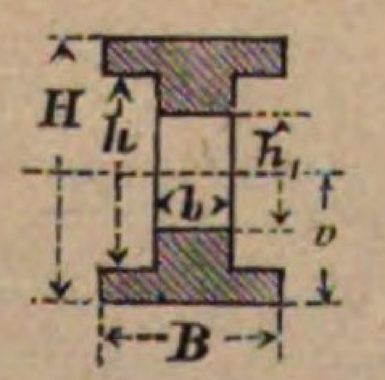
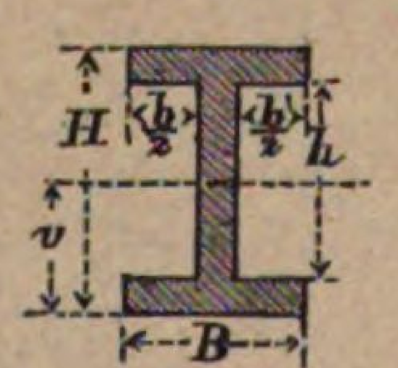
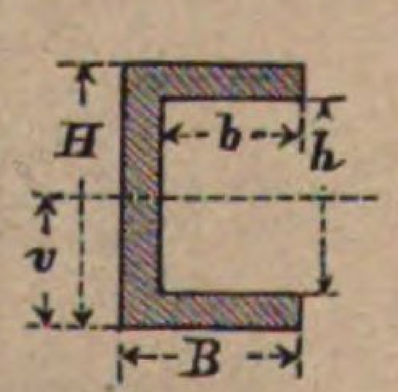
No.	Form des Querschnitts	Trägheitsmoment J	Widerstandsmoment $W = \frac{J}{v}$
1		$\frac{B \cdot H^3}{12}$	$\frac{B \cdot H^2}{6}$
2		$\frac{B}{12}(H^3 - h^3)$	$\frac{B}{6\,H}(H^3 - h^3)$
3		$\frac{H^4}{12}$	$\frac{H^3}{6}$
4		$\frac{H^4}{12}$	$\frac{\sqrt{2}}{12} H^3 = 0{,}118\ H^3$
5		$\frac{H^4 - h^4}{12}$	$\frac{H^4 - h^4}{6\,H}$
6		$\frac{H^4 - h^4}{12}$	$\frac{H^4 - h^4}{12\,H} \cdot \sqrt{2} = 0{,}1178 \cdot \frac{H^4 - h^4}{H}$
7		$\frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{12}$	$\frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6\,H}$
8		$\frac{B\,(H^3 - h^3) + b\,(h^3 - h_1^3)}{12}$	$\frac{B\,(H^3 - h^3) + b\,(h^3 - h_1^3)}{6 \cdot H}$
9*		$\frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{12}$	$\frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H}$
10*		$\frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{12}$	$\frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H}$

Tabelle III.

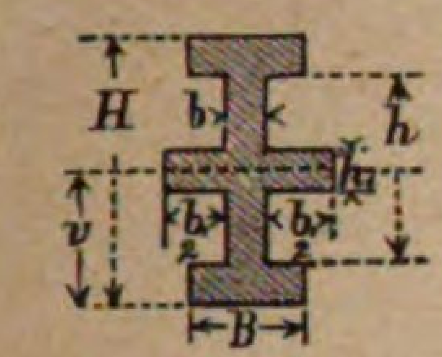
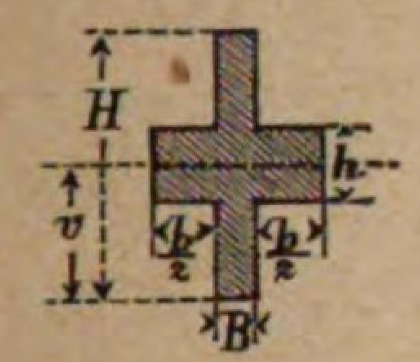
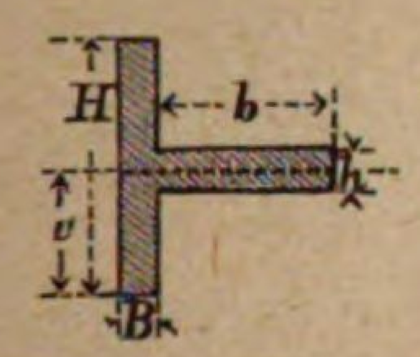
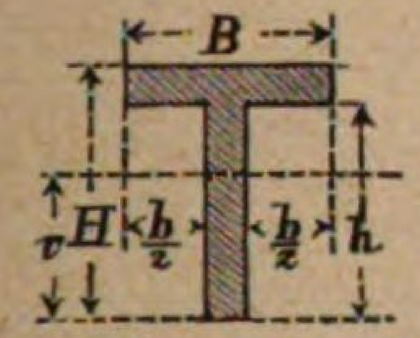
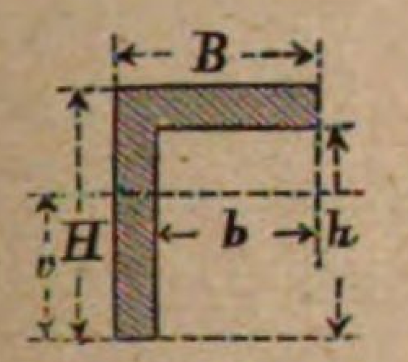
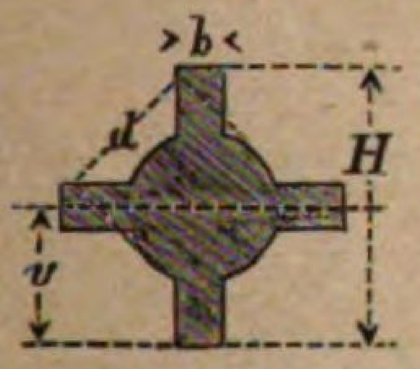
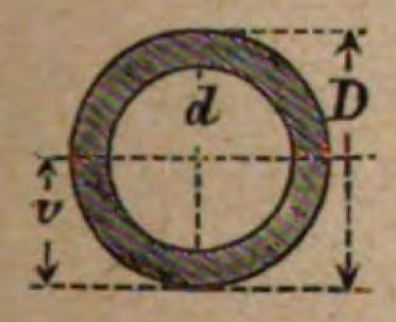
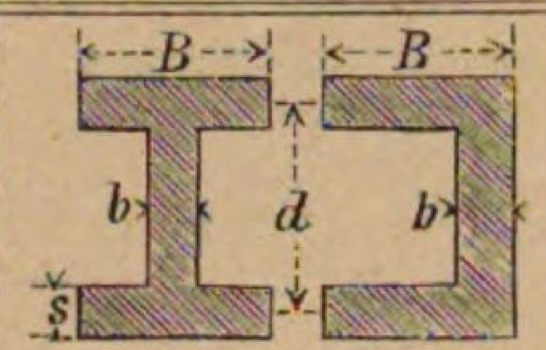
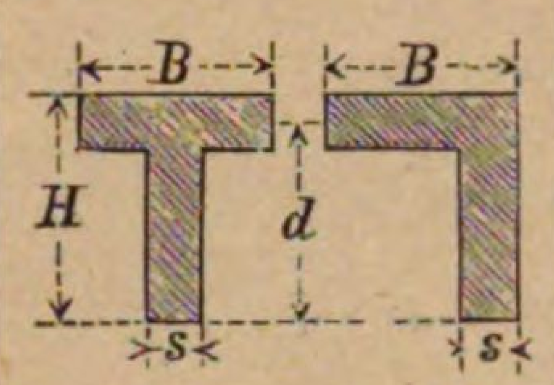
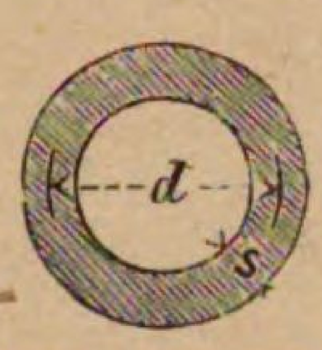
No.	Form des Querschnitts	Trägheitsmoment J	Widerstandsmoment $W = \frac{J}{v}$
11		$\frac{B \,.\, H^3 - (B - b)\, h^3 + b_, \,.\, h_,^3}{12}$	$\frac{B \,.\, H^3 - (B - b)\, h^3 + b_, \,.\, h_,^3}{6 \,.\, H}$
12		$\frac{B \,.\, H^3 + b \,.\, h^3}{12}$	$\frac{B \,.\, H^3 + b \,.\, h^3}{6 \,.\, H}$
13		$\frac{B \,.\, H^3 + b \,.\, h^3}{12}$	$\frac{B \,.\, H^3 + b \,.\, h^3}{6 \,.\, H}$
14*		$\frac{1}{12}\left[\frac{(B \,.\, H^2 - b \,.\, h^2)^2}{B \,.\, H - b \,.\, h} - \frac{4 \,.\, B \,.\, H \,.\, b \,.\, h\, (H - h)^2}{B \,.\, H - b \,.\, h}\right]$	$\frac{1}{6}\left[B \,.\, H^2 - b \,.\, h^2 - \frac{4 \,.\, B \,.\, H \,.\, b \,.\, h\, (H - h)^2}{B \,.\, H^2 - b \,.\, h^2}\right]$
15*		$\frac{1}{12}\left[\frac{(B \,.\, H^2 - b \,.\, h^2)^2}{B \,.\, H - b \,.\, h} - \frac{4 \,.\, B \,.\, H \,.\, b \,.\, h\, (H - h)^2}{B \,.\, H - b \,.\, h}\right]$	$\frac{1}{6}\left[B \,.\, H^2 - b \,.\, h^2 - \frac{4 \,.\, B \,.\, H \,.\, b \,.\, h\, (H - h)^2}{B \,.\, H^2 - b \,.\, h^2}\right]$
16		$\frac{1}{12}\left[\frac{3 \,.\, \pi}{16}\, d^4 + b\, (H^3 - d^3) + b^3\, (H - d)\right]$	$\frac{1}{6 \,.\, h}\left[0{,}589 \,.\, d^4 + b\, (H^3 - d^3) + b^3\, (H - d)\right]$
17		$\frac{\pi}{64}\, d^4 = 0{,}0491\, d^4$	$\frac{\pi}{32} \cdot d^3$
18*		$\frac{\pi}{64}\, (D^4 - d^4)$	$\frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D}$
19		$\frac{\pi}{64} \,.\, b \,.\, h^3 = 0{,}0491\, b \,.\, h^3$	$\frac{\pi}{32} \,.\, b \,.\, h^2$
20		$0{,}11 \,.\, r^4$	$0{,}19 \,.\, r^3$

Tabelle IV.

No.	Querschnitt		$J=$	$W=$
9 10		wenn $s > b$ wenn $s = b$ wenn $s < b$	Nach der genauen Formel.	$1{,}1 \,.\, B \,.\, s \,.\, d$ $1{,}2 \,.\, B \,.\, s \,.\, d$ $1{,}3 \,.\, B \,.\, s \,.\, d$
14 15		wenn $H > B$ wenn $H = B$ wenn $H < B$	$^1/_6 \,.\, s \,.\, d^3$ $^1/_5 \,.\, s \,.\, d^3$ $^1/_4 \,.\, s \,.\, d^3$	$^1/_4 \,.\, s \,.\, d^2$ $^3/_{10} \,.\, s \,.\, d^2$ $^3/_8 \,.\, s \,.\, d^2$
18		Sehr wenig von der genauen Formel abweichend.	$^1/_8 \,.\, \pi \,.\, s \,.\, d^3$	$\frac{\pi \,.\, s\, d^3}{4\,(d+s)}$

Die Festigkeit des Schmiedeeisens ist gegen Zug und Druck gleich gross; deshalb werden die Querschnitte der Balken und Träger aus Schmiedeeisen zu beiden Seiten der neutralen Axe symmetrisch. Das Gusseisen dagegen hat eine bedeutend grössere Druckfestigkeit als Zugfestigkeit, weshalb man für Balken aus Gusseisen unsymmetrische Querschnitte anwendet. Man richtet hier die Querschnittform so ein, dass die Zug- und Druckseite bei der Biegung gleichzeitig die Elasticitätsgrenze erreichen. Querschnitte, bei denen dies der Fall ist, nennt man **Querschnitte von gleicher Festigkeit.** Die Tabelle V. giebt (nach **Reuleaux**) einige Querschnittformen von gleicher Festigkeit für Gusseisen, wobei die Druckfestigkeit doppelt so gross, als die Zugfestigkeit angenommen ist. In der Tabelle V. bezeichnet:

J das Trägheitsmoment des Querschnittes,

v den Abstand der am stärksten gespannten Faser von der neutralen Axe z, z,

$W = \frac{J}{v}$ das Widerstandsmoment des Querschnittes,

F den Flächeninhalt des Querschnittes.

Bei den Balken aus Gusseisen muss die breite Seite auf Zug beansprucht werden. Die unter No. 2 gezeichneten Formen haben gleiche Tragfähigkeit, denn es ist nicht erforderlich, dass die verticale Rippe in der Mitte der horizontalen Rippe steht. Ebenso kann bei den Formen No. 3 die verticale Rippe beliebig seitwärts geschoben sein, oder in zwei Theile zerlegt werden.

Zur Bestimmung der Lage der neutralen Axe bei unsymmetrischen Querschnitten, schneidet man ein Modell des betreffenden Querschnittes aus dünnem Blech oder Carton und sucht den Schwerpunkt desselben durch Abwägen auf einer Messerschneide.

§. 39. Tragfähigkeit der einseitig eingespannten Balken.

Bei einem einseitig eingespannten Balken, Fig. 41, an dessen freien Länge l die Last P wirkt, hat man nach Formel (16) in Bezug auf den **Bruchquerschnitt** die Gleichgewichtsbedingung:

Fig. 41.

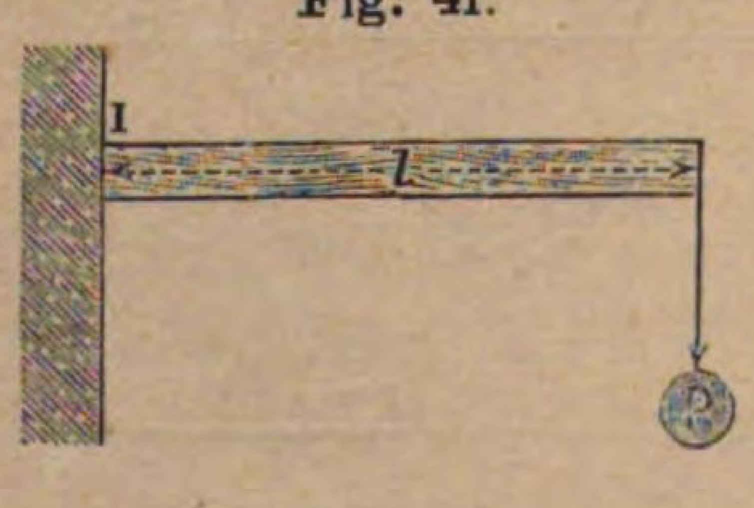
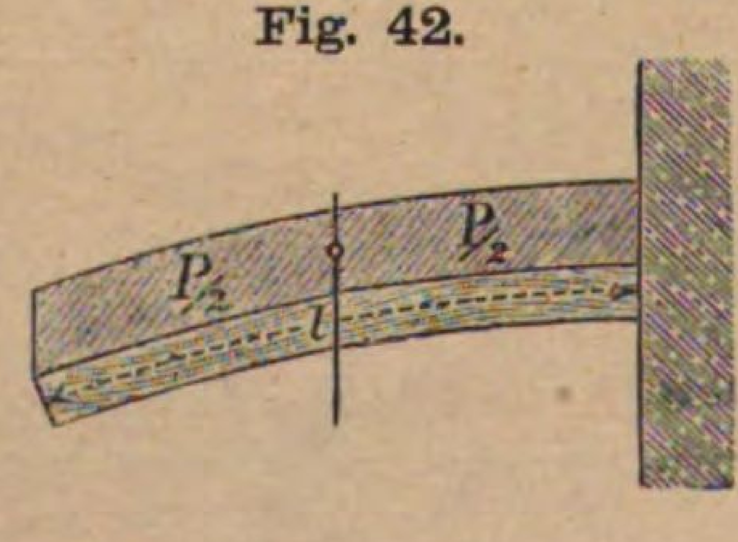


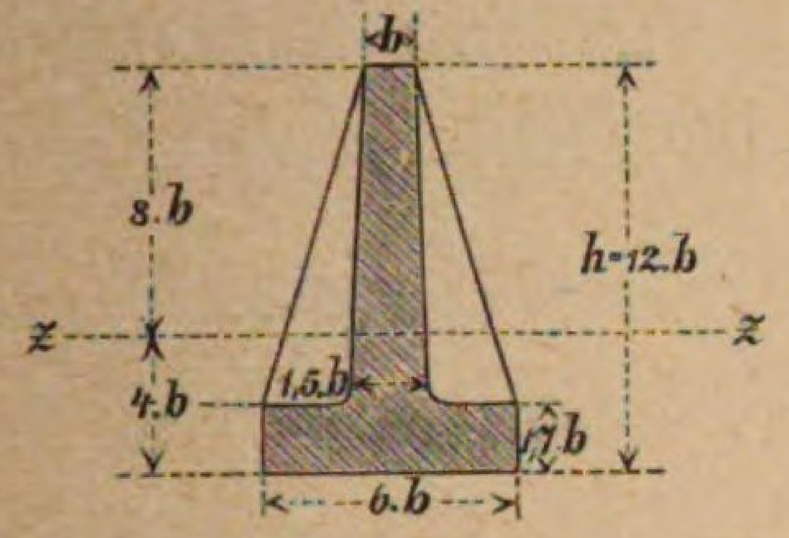
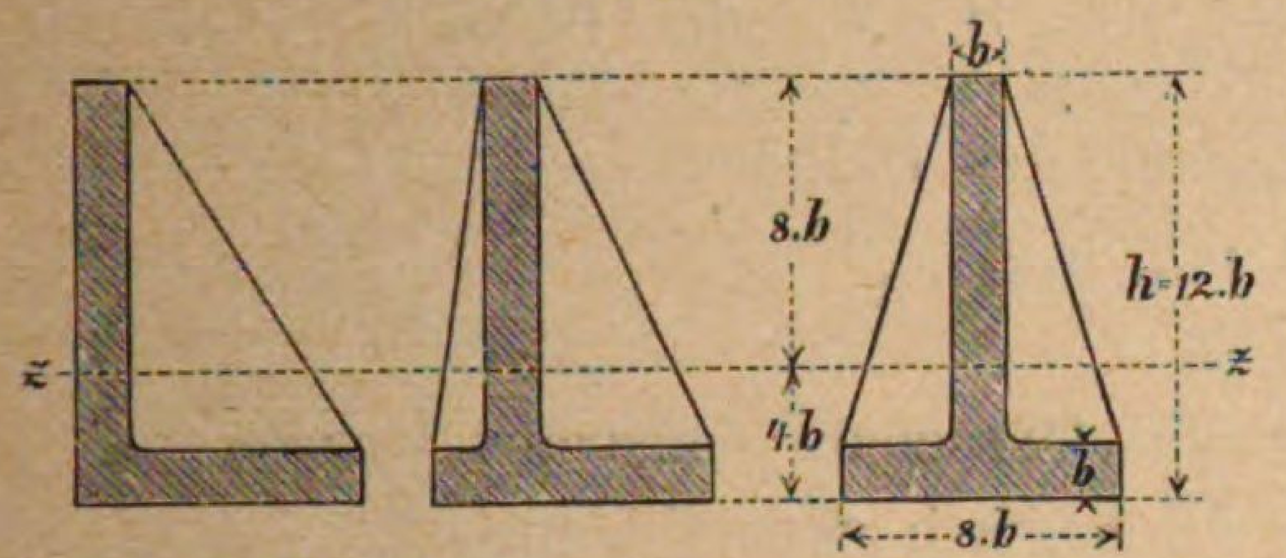
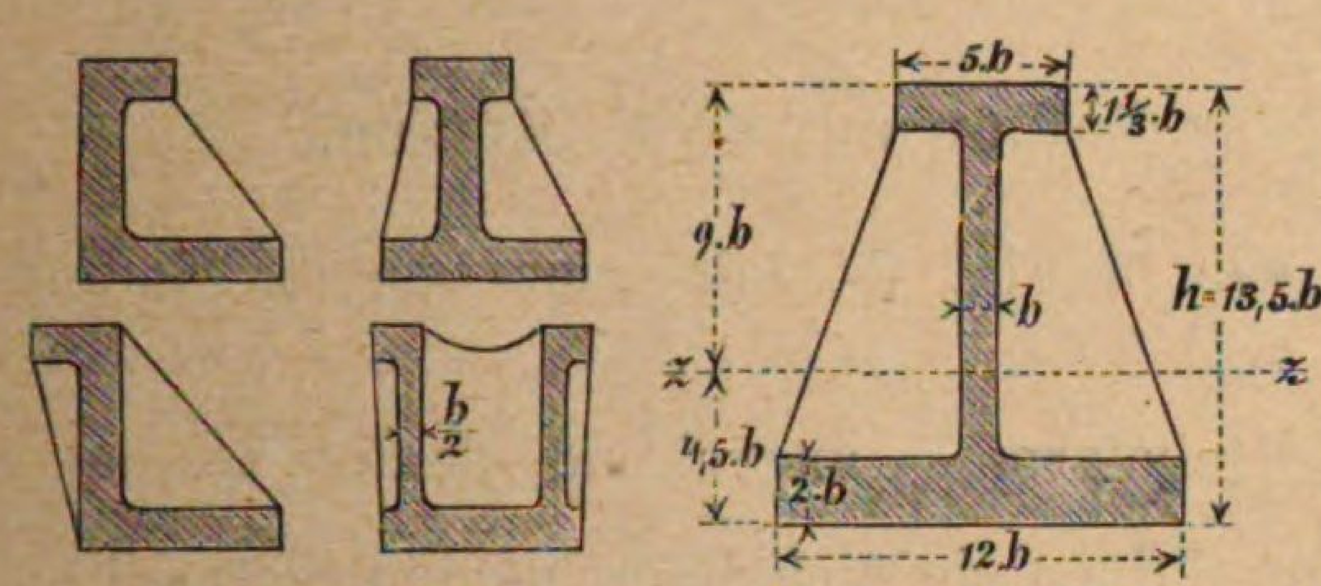
Fig. 42.



$$P \,.\, l = W \,.\, k, \text{ oder } W = \frac{P \,.\, l}{k} \quad (30)$$

Denkt man sich nun auf diesen Balken die Last P gleichmässig vertheilt, wie in Fig. 42 dargestellt ist,

Tabelle V.

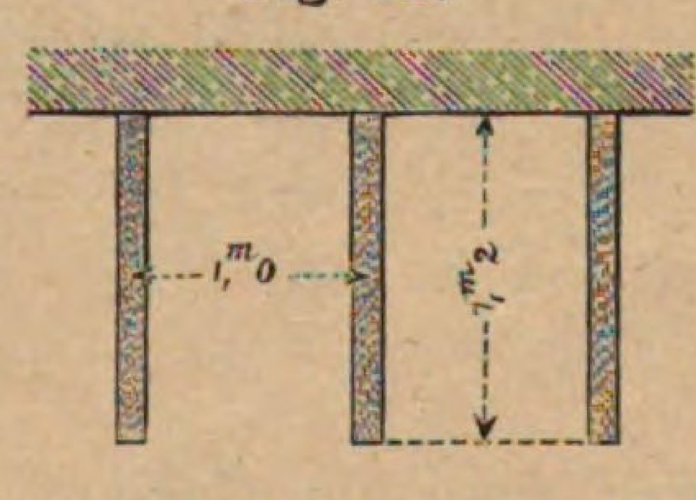
No.	Form des Querschnitts	J	v	W	F
1		$295 \,.\, b^4$	$8 \,.\, b$	$36{,}9 \,.\, b^3 = 0{,}0213 \,.\, h^3$	$23{,}1 \,.\, b^2 = 0{,}16 \,.\, h^2$
2		$278 \,.\, b^4$	$8 \,.\, b$	$34{,}8 \,.\, b^3 = 0{,}0201 \,.\, h^3$	$19 \,.\, b^2 = 0{,}132\, h^2$
3		$922 \,.\, b^4$	$9 \,.\, b$	$102{,}4 \,.\, b^3 = 0{,}0417\, h^3$	$40{,}8 \,.\, b^2 = 0.224 \,.\, h^2$

so kann man den Angriffspunkt der Last P nach ihrem Schwerpunkte hin verlegt denken, der um $\frac{l}{2}$ von der Einmauerungstelle entfernt liegt. Die Last P wirkt hier also nur an dem Hebelarm $\frac{l}{2}$, das Moment in Bezug auf den **Bruchquerschnitt** ist daher $P \cdot \frac{l}{2}$ oder $l \cdot \frac{P}{2}$ und es muss demnach sein

$$\frac{P}{2} \cdot l = W \,.\, k \text{ oder } W = \frac{P \,.\, l}{2 \,.\, k} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (31)$$

Beispiel. *Ein Balken soll von drei Stück I-Eisen getragen werden, welche* 1,2 *Meter aus der Mauer hervortreten und* 1 *Meter von Mitte zu Mitte entfernt sind; zwischen den Balken sind Gewölbe aus Backsteinen gespannt. Man rechne pro* □ *Fuss eine Belastung von* 150 *Pfd. oder pro* □ *Meter* 760 *Kilogr.; dann ist die Belastung, welche die drei Balken zu tragen haben, gleich* 2 . 1,2 . 760 = 1824 *Kilogr. Hiervon hat der mittlere Balken etwa die Hälfte* = 912 *Kilogr. zu tragen. Setzt man nun schmiedeeiserne I-Träger voraus und nimmt nach Tabelle I die zulässige Belastung* $k = 730$ *Kilogr. pro* □ *Centim., so hat man nach Formel* (31)

Fig. 43.

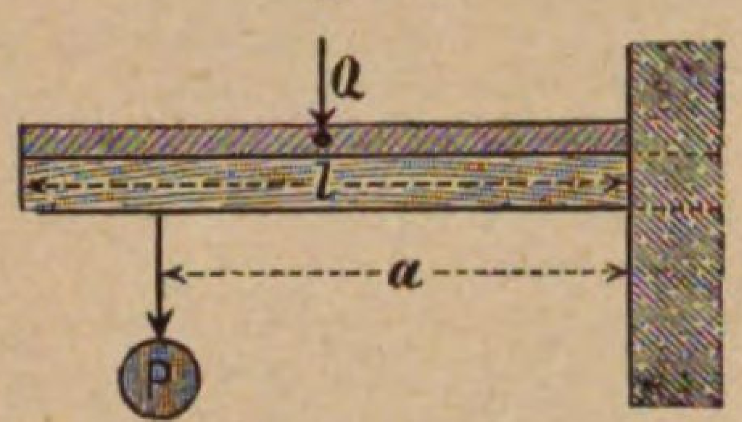


$$W = \frac{P \,.\, l}{2\, k} = \frac{912 \,.\, 120}{2 \,.\, 730} = 75.$$

Das erforderliche Widerstandsmoment ist also auf Centim. bezogen = 75. *Nach Tabelle IV hat man zur Bestimmung der Trägeraimensionen die Näherungsformel* $W = 1{,}2 \,.\, B \,.\, s \,.\, d$, *oder* $d = \frac{W}{1{,}2 \,.\, B \,.\, s}$. *Setzt man* $B = 6$ *Centim.,* $s = 1$ *Centim., so wird* $d = \frac{75}{1{,}2 \,.\, 6 \,.\, 1} = 10{,}5$ *Centim. und darnach die Höhe* $H = 10{,}5 + s = 11{,}5$ *Centim.*

Will man das Eigengewicht eines Balkens mit in Rechnung bringen, so kann man sich dasselbe als eine gleichmässig vertheilte Last Q denken, Fig. 44, die in ihrem Schwerpunkte angreifend an dem Hebelarm $\frac{l}{2}$ wirkt; das Moment von diesem Eigengewichte ist dann $\frac{l}{2} \cdot Q$. Wirkt nun noch an dem Hebelarme a eine Kraft P, so ist dessen Moment $= P \,.\, a$. Man hat also als ganzes Moment in Bezug auf den Bruchquerschnitt $P \,.\, a + Q \cdot \frac{l}{2}$. Wird der Hebelarm $a = l$, so ist $P \,.\, l + Q \cdot \frac{l}{2} = P \,.\, l + \frac{Q}{2} \cdot l$ und dies Moment muss gleich $W \,.\, k$ sein; es ist also

Fig. 44.



$$l\left(P + \frac{Q}{2}\right) = W \,.\, k, \text{ oder } W = \frac{l}{k}\left(P + \frac{Q}{2}\right) \quad . \quad (32)$$

Bei dieser Belastung ist die Durchbiegung des Balkens

$$x = \frac{{}^1\!/_3\, P + {}^1\!/_8\, Q}{E \,.\, J} \,.\, l^3 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (33)$$

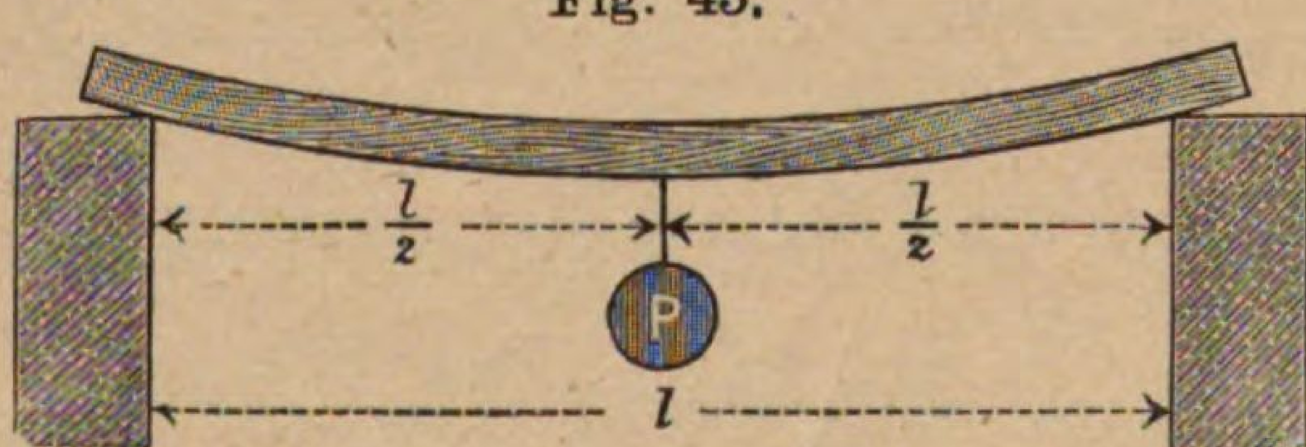
Wenn einseitig eingespannte Balken aus Gusseisen construirt werden, so muss die breite Seite, welche auf Zug beansprucht wird, nach **oben** liegen.

§. 40. Tragfähigkeit der Balken auf zwei Stützen.

Ein Balken liege auf zwei Stützen, wie in Fig. 45, mit seinen beiden Enden frei auf und in seiner Mitte wirke die Last P.

Diese Kraft P kann man an dem Hebelarm $\frac{l}{2}$ angreifend denken*) und zwar so, dass sie sich nach beiden Seiten hin von der Mitte aus in zwei Hälften theilt. Es wirkt also an jedem Hebelarm $\frac{l}{2}$ die Last $\frac{P}{2}$ und man hat als Biegungsmoment $\frac{P}{2} \cdot \frac{l}{2} = \frac{P \,.\, l}{4}$. Diesem äussern Kraftmomente müssen die innern Widerstandsmomente gleich sein; es ist daher

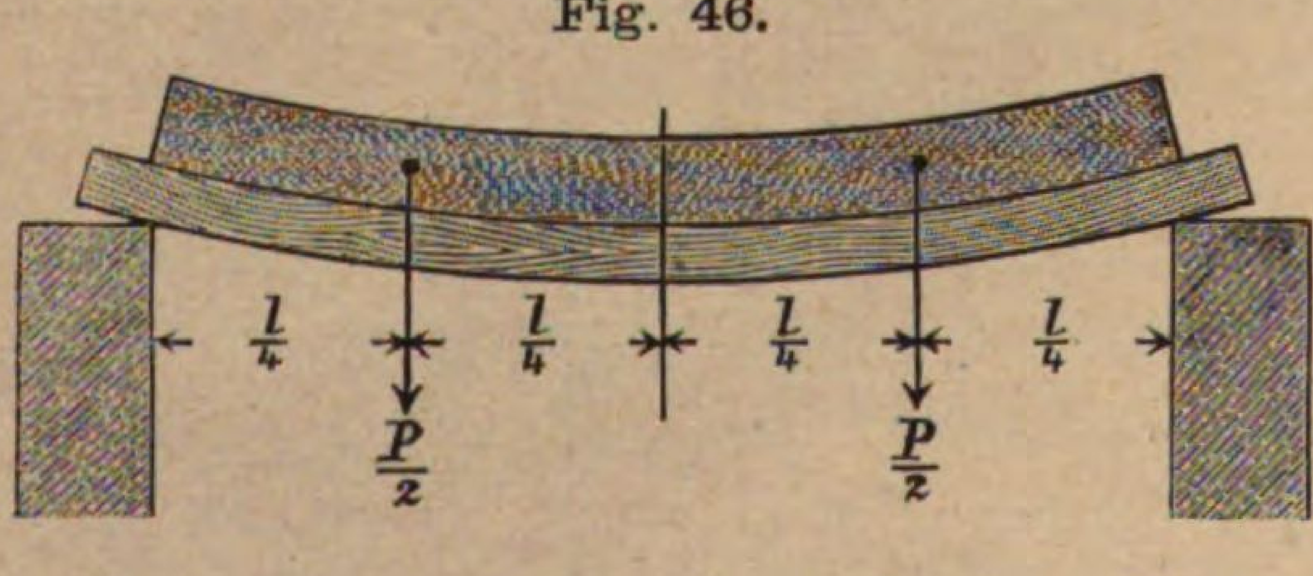
Fig. 45.



$$\frac{P \,.\, l}{4} = W \,.\, k, \text{ oder } W = \frac{P \,.\, l}{4 \,.\, k} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (34)$$

Wenn die Last P, anstatt in der Mitte des Balkens zu wirken, auf seiner ganzen Länge gleichmässig vertheilt ist, wie in Fig. 46 dargestellt, so kann man sich dieselbe in der Mitte des Balkens getheilt denken, wonach auf jede Balkenhälfte die Last $\frac{P}{2}$ wirkt. Der Angriffspunkt dieser Last kann in ihrem Schwerpunkte angenommen werden, wonach ihr Hebelarm $\frac{l}{4}$ ist, dann ist das Biegungsmoment $= \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{4} = \frac{P \,.\, l}{8}$. Setzt man dies biegende Moment dem widerstehenden Momente gleich, so ist

Fig. 46.



$$\frac{P \,.\, l}{8} = W \,.\, k, \text{ oder } W = \frac{P \,.\, l}{8 \,.\, k} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (35)$$

Um das Eigengewicht des Balkens mit in die Rechnung hineinzuziehen, kann man dasselbe wieder als eine über den Balken gleichmässig vertheilte Last Q betrachten, dann wirkt diese gerade so wie die Last P in Fig. 46 und das Moment von Q ist in diesem

*) Man nehme l in der Praxis etwa um eine Balkenhöhe grösser, als die lichte Weite zwischen den stützenden Mauern.

Falle $\frac{Q}{2} \cdot \frac{l}{4} = \frac{Q \cdot l}{8}$. Addirt man dieses Moment zu dem Momente in Fig. 45, so wird das ganze Biegungsmoment gleich $\frac{P \cdot l}{4} + \frac{Q \cdot l}{8}$ und die Formel (34) geht über in:

$$l\left(\frac{P}{4} + \frac{Q}{8}\right) = W \cdot k, \text{ oder } W = \frac{l}{k}\left(\frac{P}{4} + \frac{Q}{8}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (36)$$

Für Formel (35) erhält man in diesem Falle:

$$l\left(\frac{P}{8} + \frac{Q}{8}\right) = l\left(\frac{P+Q}{8}\right) = W \cdot k, \text{ oder } W = \frac{l}{k}\left(\frac{P+Q}{8}\right) \quad . \quad . \quad . \quad (37)$$

Die grösste Durchbiegung für Fig. 45 ist bei Berücksichtigung des Eigengewichtes des Balkens

$$x = \frac{P + {}^5/_8 \cdot Q}{E \cdot J} \cdot \frac{l^3}{48} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (38)$$

Für Fig. 46 aber, unter denselben Bedingungen

$$x = \frac{{}^5/_8\,(P+Q)}{E \cdot J} \cdot \frac{l^3}{48} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (39)$$

Beispiel. *Ein Balken liege auf zwei Stützpunkten frei auf, welche* 4,8 *Meter von einander entfernt sind, und trage eine gleichmässig vertheilte Last* $P = 3000$ *Kilogr. Das Eigengewicht Q des Balkens sei pro Meter Länge* 60 *Kilogr., also sein ganzes Gewicht* $60 \cdot 4{,}8 = 288$ *Kilogr. Setzt man als Material Eichenholz voraus, so ist k nach Tabelle I gleich* 73 *Kilogr. pro* □ *Centim. und man hat nach Formel* (37)

$$W = \frac{l}{k}\left(\frac{P+Q}{8}\right) = \frac{480}{73}\left(\frac{3000 + 288}{8}\right) = 2704.$$

Wird ein rechteckiger Querschnitt gewählt, so ist (nach No. 1 *Tabelle III)* $W = \frac{B \cdot H^2}{6}$. *Diese Formel auf H reducirt, ergiebt* $H = \sqrt{\frac{6 \cdot W}{B}}$. *Setzt man in diese Formel für die Breite des Balkens vorläufig einen ungefähren Werth, z. B.* $B = 21$ *Centim., so wird* $H = \sqrt{\frac{6 \cdot 2704}{21}} = 27{,}8$, *oder abgerundet* $= 28$ *Centim. und man kann das für jeden einzelnen Fall günstigste Verhältniss zwischen Höhe und Breite des Balkens auf diese Weise durch wiederholte Substitution leicht ermitteln.*

Nach Tabelle I ist der Elasticitätsmodul für Eichenholz pro □ *Centim.* $E = 110000$ *und nach No.* 1 *Tabelle III das Trägheitsmoment* $J = \frac{B \cdot H^3}{12}$. *Die grösste Durchbiegung für den Balken unseres Beispiels würde nach Formel* (39) *sein:*

$$x = \frac{{}^5/_8\,(P+Q)}{E \cdot J} \cdot \frac{l^3}{48} = \frac{{}^5/_8\,(3000 + 288)}{110000 \cdot \frac{21 \cdot 28^3}{12}} \cdot \frac{480^3}{48} = 1{,}1 \text{ Centim.}$$

Von Wichtigkeit ist es, den Druck zu kennen, der durch die Belastung der Balken auf die Stützpunkte übertragen wird. Diesen **Auflagerdruck** nennt man die Reaction der Stützen und es ist klar, dass dieser Druck auf eine so grosse Fläche der Unterlage vertheilt werden muss, dass die Flächeneinheit des Materials nur mit der zulässigen Belastung Tabelle II. gedrückt werde.

Betrachtet man die Fig. 47, und denkt sich den Balken, da wo die Last P angreift: fest eingeklemmt, so kann man sich die Biegung so vorstellen, als wirkten die Stützpunkte A und B mit der Kraft $\frac{P}{2}$ aufwärts. Die Stützpunkte erleiden also einen Druck gleich der halben Belastung P, wozu noch das halbe Eigengewicht Q des Balkens hinzukommt. Der **Bruchquerschnitt** liegt hier an der Einklemmungsstelle, also in der Mitte des Balkens.

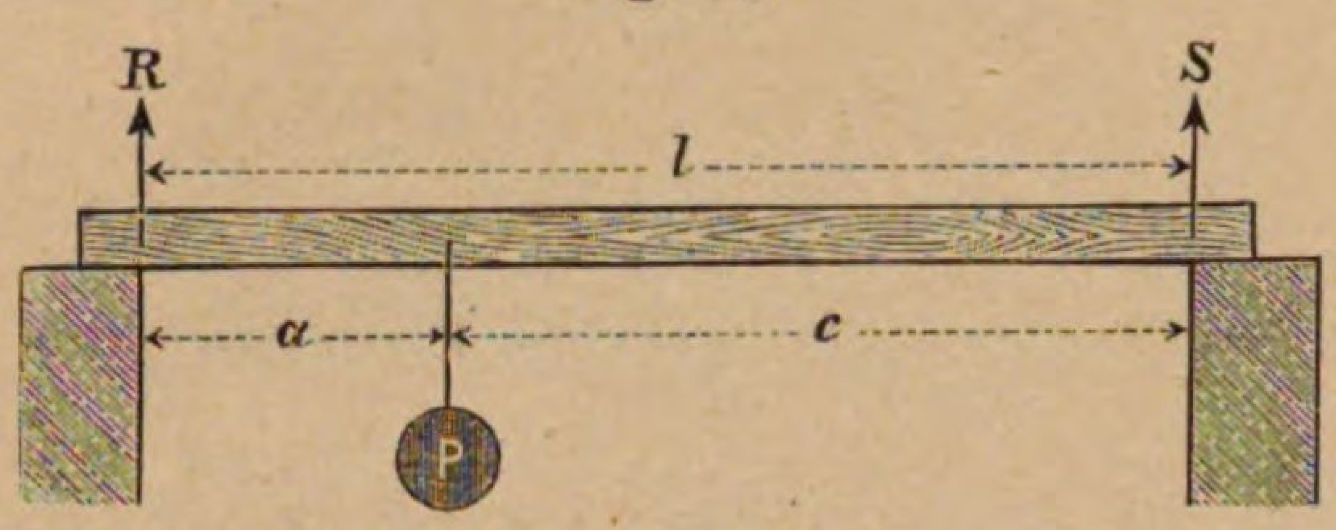
Fig. 47.



Ist die Last P nicht gleichmässig auf dem Balken vertheilt, oder wirkt sie nicht in der Mitte desselben, sondern nach Fig. 48, in einem Punkte, der von dem einen Stütz-

punkte um die Länge a und von dem andern um die Länge c entfernt ist, so sind die entsprechenden Reactionen R und S **umgekehrt den Entfernungen der Last P von den Stützpunkten proportional**. Man kann wieder den Balken als zweiarmigen Hebel betrachten, der seinen Stützpunkt in dem Angriffspunkte der Last P hat, während an den Auflagerpunkten die Kräfte R und S aufwärts wirken. Die statischen Momente müssen einander gleich sein, wenn Gleichgewicht stattfinden soll; es ist daher $R \cdot a = S \cdot c$, oder es verhalten sich $R : S = c : a$; $R + S = P$, folglich $R = P - S$, und es verhält sich nach der vorhergehenden Proportion $P - S : S = c : a$ woraus $\frac{P-S}{S} = \frac{c}{a}$ oder $a\,(P - S) = S \cdot c$, woraus $a \cdot P = (c + a)\, S$ und $S = \frac{a \cdot P}{c + a}$; da nun aber $c + a = l$ ist, so hat man

Fig. 48.



$$S = \frac{a \cdot P}{l} = \frac{a}{l} \cdot P \text{ und } R = \frac{c}{l} \cdot P \quad \ldots \ldots \quad (40)$$

Beispiel. *Ein Balken von 5 Meter Länge trage eine Last* $P = 3000$ *Kilogr. in den Abständen von den Stützpunkten* $a = 2$ *Meter,* $c = 3$ *Meter. Wie gross sind die Reactionen an den Auflagern?*

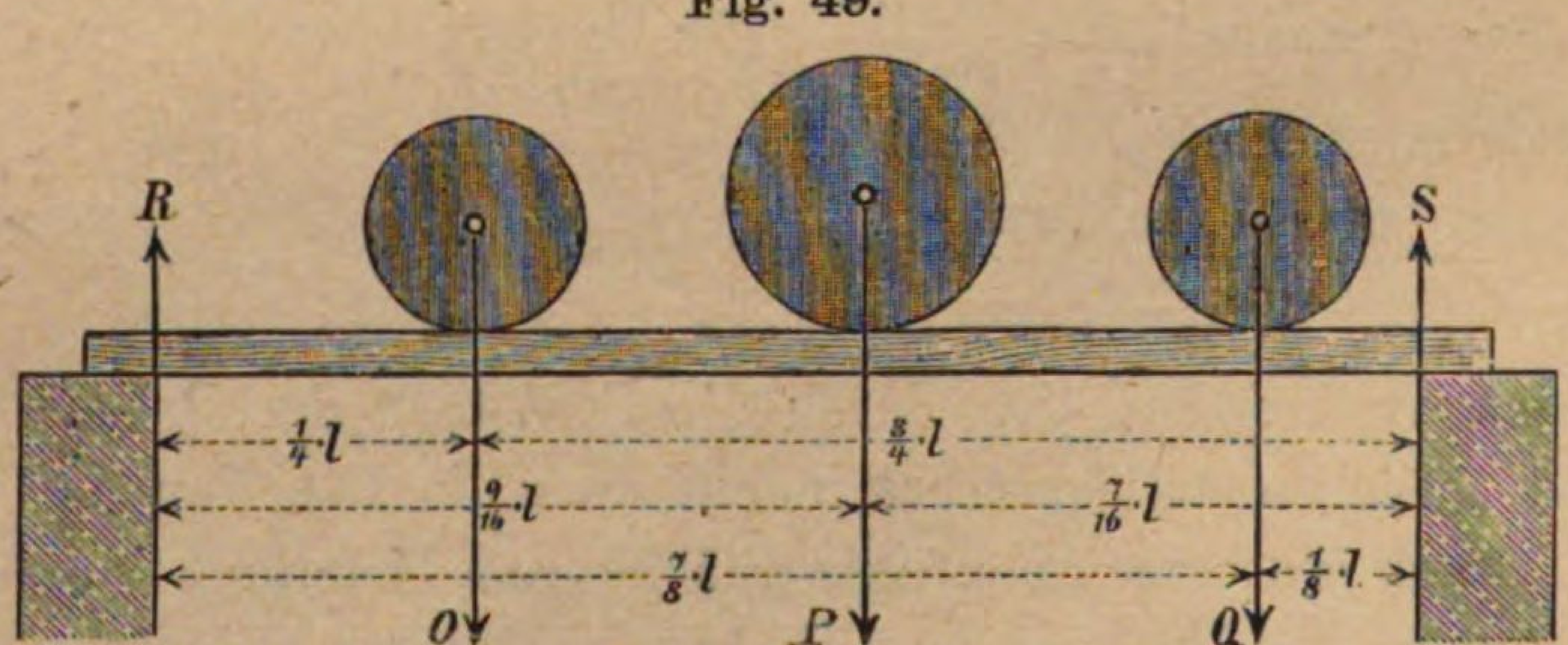
Der Druck S *ist gleich* $\frac{a}{l} \cdot P = \frac{2}{5} \cdot 3000 = 1200$ *Kilogr. Der Druck* $R = \frac{c}{l} \cdot P = \frac{3}{5} \cdot 3000 = 1800$ *Kilogr.*

Soll noch das Eigengewicht des Balkens mit in die Rechnung gezogen werden, so betrachte man dieses wieder als eine über den Balken gleichmässig vertheilte Last Q, wovon nach jeder Seite hin die Hälfte übertragen wird, dann geht die Formel (40) über in

$$S = \frac{a}{l} \cdot P + \frac{Q}{2} \text{ und } R = \frac{c}{l} \cdot P + \frac{Q}{2} \quad \ldots \ldots \quad (41)$$

Wirken in gewissen Abständen von den Stützpunkten verschiedene Lasten auf den Balken ein, so kann man die Reactionen an den Auflagern in derselben Weise berechnen, wie im Vorhergehenden angedeutet ist. Es wirke z. B. in Fig. 49 die Last O in den Abständen $^1/_4\, l$ und $^3/_4\, l$; die Last P in den Abständen $^9/_{16}\, l$ und $^7/_{16}\, l$; die Last Q in den Abständen $^7/_8\, l$ und $^1/_8\, l$. Die Reactionen nach dem **linken** Stützpunkte seien $R = O' + P' + Q'$; die nach der **rechten** Seite hin $S = O'' + P'' + Q''$. Die Belastungen vertheilen sich nun folgendermassen:

Fig. 49.



$O' = {}^3/_4\, O \qquad O'' = {}^1/_4\, O$

$P' = {}^7/_{16}\, P \qquad P'' = {}^9/_{16}\, P$

$Q' = {}^1/_8\, Q \qquad O'' = {}^7/_8\, Q$

daher ist

$$R = {}^3/_4\, O + {}^7/_{16}\, P + {}^1/_8\, Q,$$

und

$$S = {}^1/_4\, O + {}^9/_{16}\, P + {}^7/_8\, Q.$$

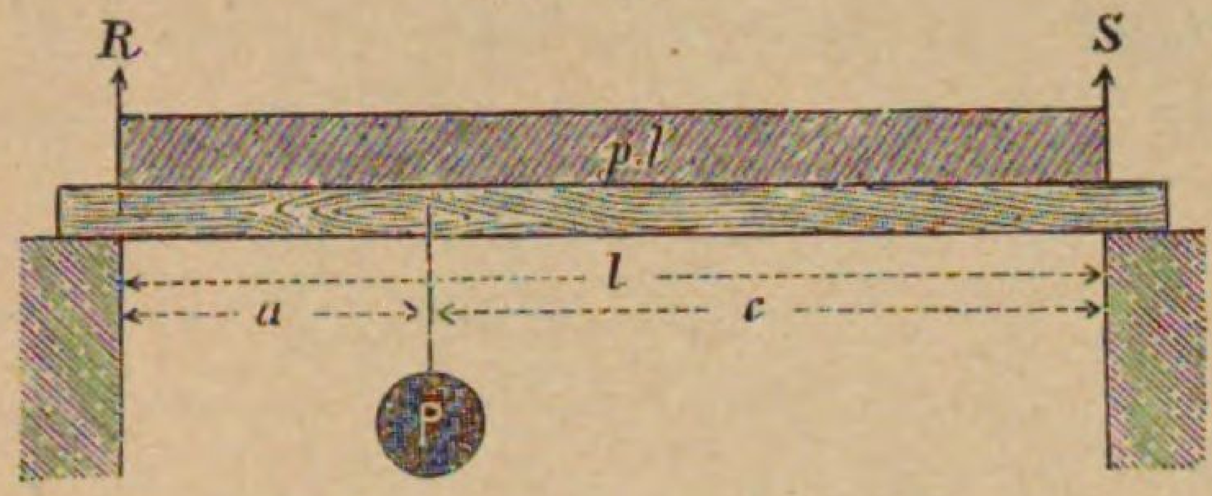
Bei Berücksichtigung des Eigengewichtes des Balkens hat man noch das halbe Eigengewicht nach jeder Seite hin zu addiren.

Ist auf einem Balken auf jeden Centimeter der Länge l eine Last p gleichmässig vertheilt, so ist die ganze Belastung des Balkens gleich $p \cdot l$. Trägt der Balken nun aber noch, nach Fig. 50, eine Einzellast P, die von dem einen Stützpunkte

um a, von dem andern um c absteht, so sind die Reactionen an den Stützpunkten nach Formel (41)

$$\left.\begin{aligned} R &= \frac{p \cdot l}{2} + P \cdot \frac{c}{l} \\ S &= \frac{p \cdot l}{2} + P \cdot \frac{a}{l} \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad (42)$$

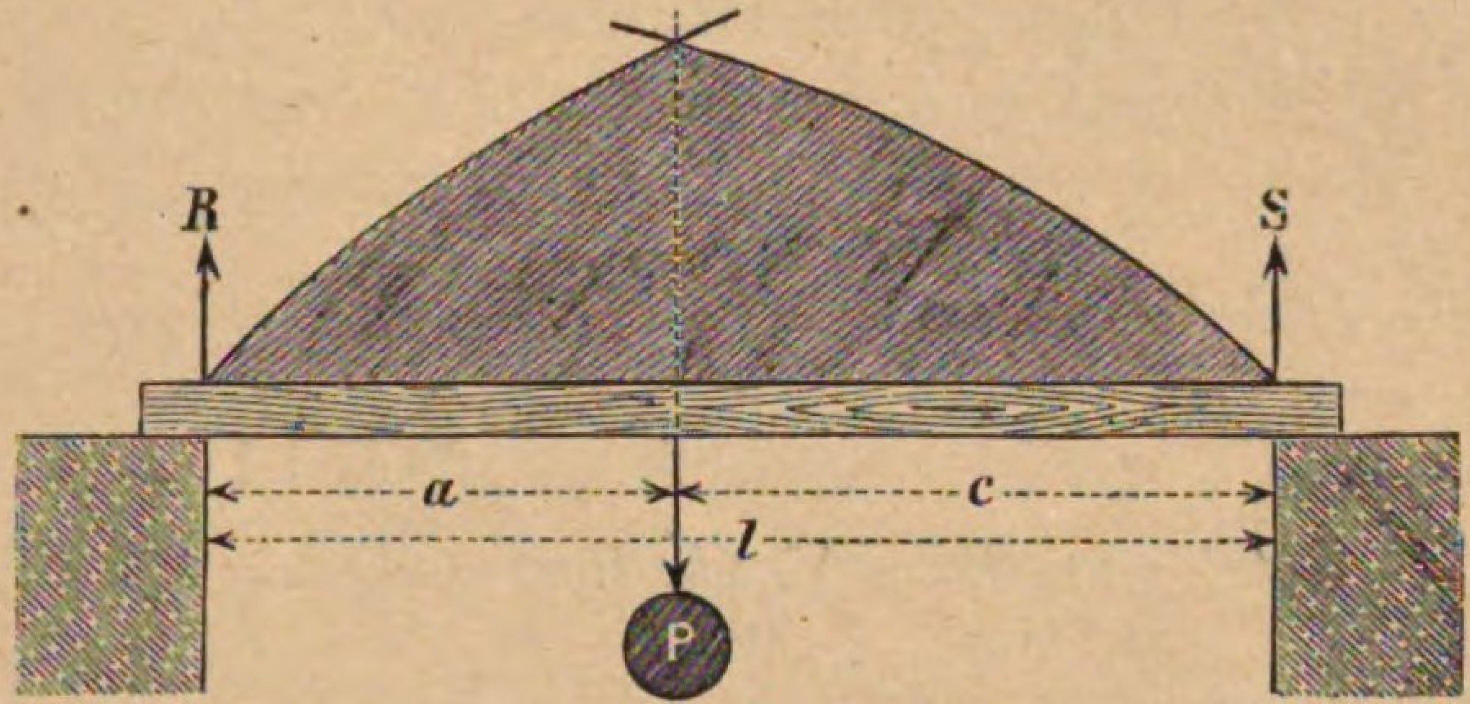
Fig. 50.



Die Angriffs- oder Biegungsmomente sind an den Auflagerpunkten $= 0$, sie wachsen aber bis zu einem gewissen Punkte und dieser Punkt ist der **Bruchquerschnitt**, für welchen die Biegungsmomente $= W \cdot k$ sein sollen. Zur Bestimmung des Biegungsmomentes in Bezug auf den Bruchquerschnitt hat man folgende beiden Fälle genau von einander zu unterscheiden.

Ist an dem Auflager R, welchem die Einzellast am nächsten liegt, der Druck R **kleiner** als der Werth $P + a \cdot p$, so fällt der Bruchquerschnitt mit der Lage der Einzellast zusammen, indem das Biegungsmoment hier am grössten wird, wie dies in Fig. 51 graphisch dargestellt ist. In diesem Falle ist das Biegungsmoment in Bezug auf den Bruchquerschnitt gleich dem Producte aus der Kraft S mal Hebelarm c, also $= c \cdot S$. Diesem Moment wirkt die gleichmässig vertheilte Last $p \cdot c$ entgegen. Da nun der Angriffspunkt dieser Last im Schwerpunkte derselben gedacht werden kann, der um $\frac{c}{2}$ von dem Auflager S entfernt liegt, so ist das Moment der gleichmässig vertheilten Last gleich $\frac{c}{2} \cdot p \cdot c = c \cdot \frac{p \cdot c}{2}$, welches also dem Momente $c \cdot S$ entgegen wirkt.

Fig. 51.



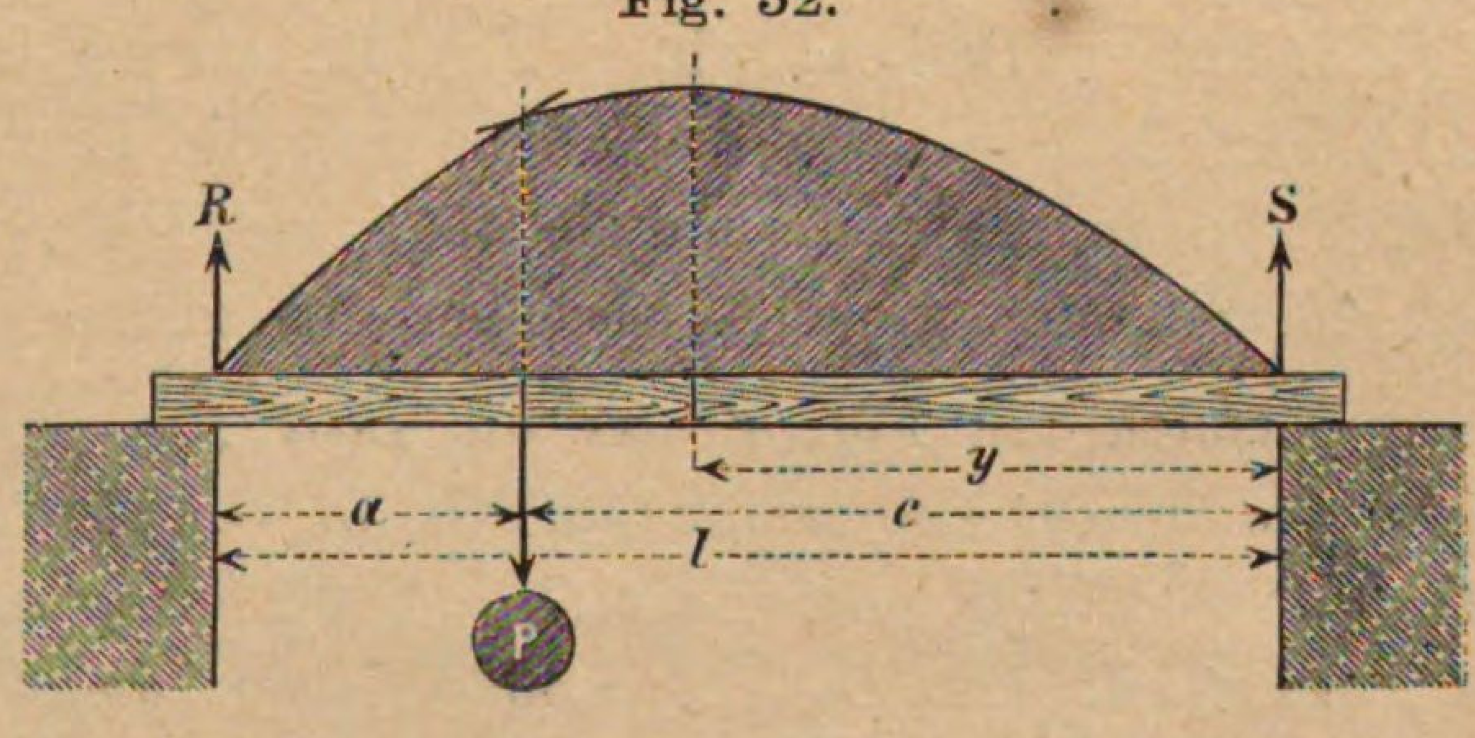
In Bezug auf den Bruchquerschnitt hat man daher das Biegungsmoment $c \cdot S - c \cdot \frac{p \cdot c}{2}$, welches den widerstehenden Kräften $W \cdot k$ gleich sein muss; es ist also

$$W \cdot k = c\left(S - \frac{p \cdot c}{2}\right); \text{ oder } W = \frac{c}{k}\left(S - \frac{p \cdot c}{2}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (43)$$

Ist aber der Druck E an dem der Last P zunächst liegenden Auflager **grösser** als der Werth $P + a \cdot p$, so fällt der Bruchquerschnitt nicht mit der Lage von P zusammen, sondern das grösste Biegungsmoment liegt in einem andern Punkte, wie es Fig. 52 graphisch darstellt. Dieser Punkt liegt von dem Auflager S um y entfernt, und es ist

$$y = \frac{S}{p} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (44)$$

Fig. 52.



In diesem Falle ist das grösste Biegungsmoment gleich $\frac{S^2}{2\,p}$; daher hat man

$$W \cdot k = \frac{S^2}{2 \cdot p}; \text{ oder } W = \frac{S^2}{2 \cdot p \cdot k} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (45)$$

Die Werthe von S sind nach Formel (42) zu berechnen.

Wirkt die Einzellast in der Mitte des Balkens, so hat man denselben Fall, wie ihn die Formel (36) darstellt, und es ist

$$W \cdot k = \frac{p \cdot l^2}{8} + \frac{P \cdot l}{4}; \text{ oder } W = l \cdot \frac{p \cdot l + 2\,P}{8 \cdot k} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (46)$$

Für $l \cdot \frac{Q}{8}$ Formel (36) tritt hier der Ausdruck $\frac{p \cdot l \cdot l}{8} = \frac{p \cdot l^2}{8}$ auf, indem die gleichmässig über den Balken vertheilte Last $Q = p \cdot l$ ist.

Beispiel. *Ein Balken trage pro Meter Länge eine gleichmässig vertheilte Last von* 1000 *Kilogr., also pro Centim. Länge* 10 *Kilogr., ausserdem aber noch eine Einzellast von* 2000 *Kilogr. Die Länge des Balkens sei* 5 *Meter, der Abstand* $a = 1{,}8$ *Meter, der Abstand* $c = 3{,}2$ *Meter (siehe Fig.* 50), *so ist nach Formel* (42)

$$R = \frac{p \, . \, l}{2} + P \cdot \frac{c}{l} = \frac{10 \, . \, 500}{2} + 2000 \cdot \frac{320}{500} = 3780 \textit{ Kilogr.}$$

$$S = \frac{p \, . \, l}{2} + P \cdot \frac{a}{l} = \frac{10 \, . \, 500}{2} + 2000 \cdot \frac{180}{500} = 3220 \textit{ Kilogr.}$$

Der Werth $P + a \cdot p = 2000 + 10 \, . \, 180 = 3800$ *Kilogr. ist hier also grösser als* R, *oder* R *ist* **kleiner** *als* $P + a \, . \, p$, *weshalb man nach Formel* (43) *hat:*

$$W = \frac{c}{k} \left(S - \frac{p \, . \, c}{2}\right);$$

setzt man schmiedeeiserne I-Träger voraus, so ist (nach Tabelle I) $k = 730$, *alsdann hat man*

$$W = \frac{c}{k} \left(S - \frac{p \, . \, c}{2}\right) = \frac{320}{730} \left(3220 - \frac{10 \, . \, 320}{2}\right) = 700$$

als erforderliches Widerstandsmoment.

Bestimmt man nun nach der Nährungsformel Tabelle IV,

$$W = 1{,}2 \, . \, B \, . \, s \, . \, d,$$

die Höhe d, *so ist*

$$d = \frac{W}{1{,}2 \, . \, B \, . \, s}.$$

Setzt man $B = 15$ *Centim. und* $s = 1{,}5$ *Centim., so hat man:*

$$d = \frac{700}{1{,}2 \, . \, 15 \, . \, 1{,}5} = 26 \textit{ Centim.}$$

Die Höhe H *ist dann* $= 26 + s = 26 + 1{,}5 = 27{,}5$ *Centim. Macht man nun noch die Eisenstärke des verticalen Steges des I-Eisens* $= 1{,}2$ *Centim. und berechnet das Widerstandsmoment nach der genauen Formel No.* 9 *Tabelle III, so ist* $H = 27{,}5$, $B = 15$, $b = 15 - 1{,}2 = 13{,}8$, $h = 27{,}5 - 2 \, . \, 1{,}5 = 24{,}5$, *und man hat:*

$$W = \frac{B \, . \, H^3 - b \, . \, h^3}{6 \, . \, H} = \frac{15 \, . \, 27{,}5^3 - 13{,}8 \, . \, 24{,}5^3}{6 \, . \, 27{,}5} = 660{,}6.$$

Das Widerstandsmoment soll hier aber $= 700$ *sein, folglich hat man die Abmessungen des I-Eisens etwas zu vergrössern.*

Wenn ein Balken, wie in Fig. 49, an mehreren Stellen Einzellasten trägt, so berechne man denselben in der Weise, dass man die Einzellasten, welche der Trägermitte sehr nahe liegen, zusammenfasst, und sie als in der Mitte wirkend annimmt, während man alle übrigen Einzellasten gleichmässig über den ganzen Balken vertheilt denkt.

Beispiel. *In Fig.* 49 *sei die Last* $P = 2500$ *Kilogr. und da diese der Trägermitte sehr nahe liegt, so werde sie als in der Mitte wirkend angesehen. Ferner sei die Last* $O = 1500$ *Kilogr., die Last* $Q = 2000$ *Kilogr. und die Balkenlänge* $l = 6$ *Meter.*

Vertheilt man $O + Q = 3500$ *Kilogr. gleichmässig über die ganze Balkenlänge, so ist* $p = \frac{3500}{6} = 583$ *Kilogr. pro Meter, oder* $p = 5{,}83$ *pro Centim. Balkenlänge, wofür incl. Eigengewicht* 7 *Kilogr. gesetzt werden mögen. Bei Anwendung von Schmiedeeisen hat man* $k = 730$ *Kilogr. pro □ Centim. und daher nach Formel* (46)

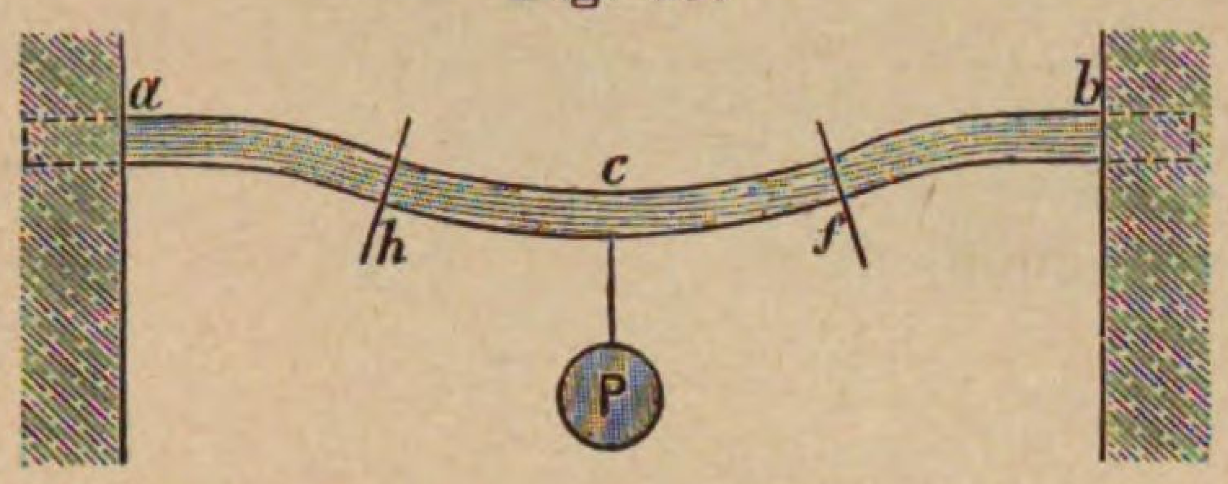
$$W = l \, . \, \frac{p \, . \, l + 2 \, . \, P}{8 \, . \, k} = 600 \, . \, \frac{7 \, . \, 600 + 2 \, . \, 2500}{8 \, . \, 730} = 946.$$

Diesem Widerstandsmoment entsprechend, hat man die Abmessungen des Balkens zu wählen.

§. 41. Tragfähigkeit der fest eingespannten Balken.

Ein Balken, der an seinen beiden Enden fest eingespannt*) und in der Mitte belastet ist, nimmt ungefähr die in Fig. 53 dargestellte Krümmung an. Die Wendepunkte der Biegungscurve liegen in f und h auf $^1/_4$ der Balkenlänge von a und b entfernt und die Krümmungen der Curventheile sind einander gleich, aber entgegen gesetzt; die Bruchquerschnitte liegen in den Punkten a, b und c. Die Last vertheilt sich auf beide Balkenhälften so, dass jede Hälfte $\frac{P}{2}$ trägt, und zwar müssen diese Kräfte in den Wendepunkten der Biegungscurve wirkend gedacht werden.

Fig. 53.



Die Last $\frac{P}{2}$ wirkt also an dem Hebelarm $\frac{l}{4}$, folglich ist das Biegungsmoment $= \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{4} = \frac{P \cdot l}{8}$. Dies Moment muss gleich $W \cdot k$ sein, folglich hat man

$$W \cdot k = \frac{P \cdot l}{8}; \text{ oder } W = \frac{P \cdot l}{8 \cdot k} \quad . \quad . \quad . \quad (47)$$

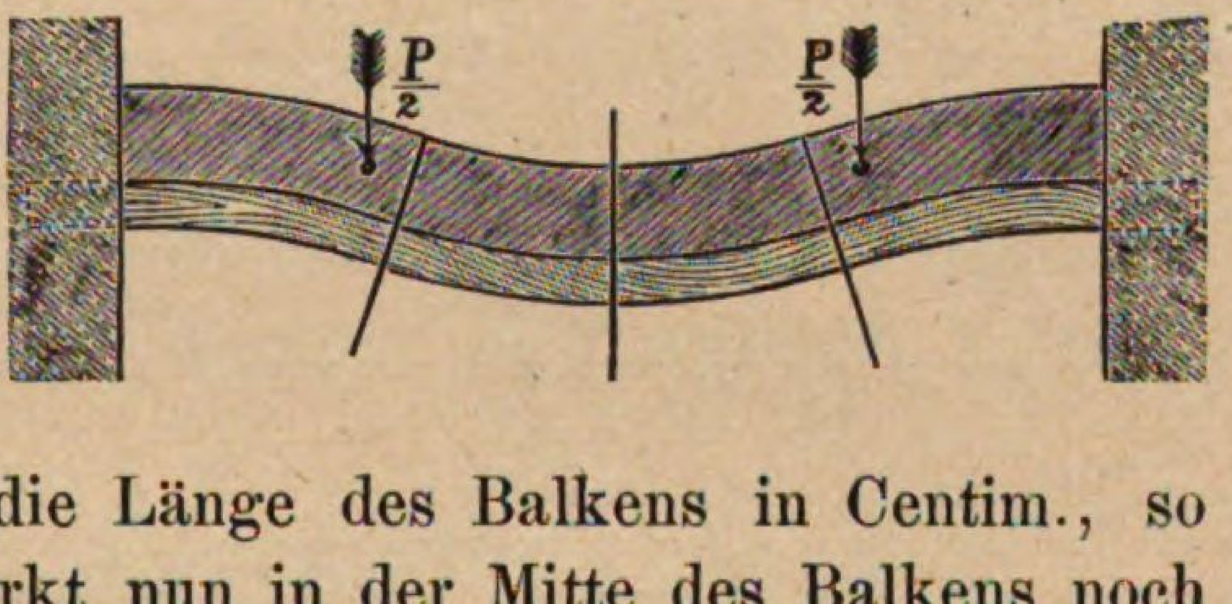
Die grösste Einsenkung findet in der Mitte statt und ist gleich:

$$x = \frac{P}{E \cdot J} \cdot \frac{l^3}{192} \quad . \quad . \quad . \quad (48)$$

Ist die Last P über den fest eingespannten Balken gleichmässig vertheilt, wie in Fig. 54, so ist seine Tragfähigkeit $1^1/_2$ mal so gross, als wenn dieselbe in der Mitte des Balkens wirkt**). Man hat also in diesem Falle

$$W \cdot k = \frac{P \cdot l}{12}; \text{ oder } W = \frac{P \cdot l}{12 \cdot k} \quad . \quad (49)$$

Fig. 54.



Die grösste Einsenkung ist hier

$$x = \frac{P}{E \cdot J} \cdot \frac{l^3}{384} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (50)$$

Bezeichnet p eine über den Balken gleichmässig vertheilte Last pro Centim. Länge und l die Länge des Balkens in Centim., so ist $p \cdot l$ die ganze Belastung, also gleich P. Wirkt nun in der Mitte des Balkens noch eine Einzellast P, so erhält man aus Formel (47) und (49)

$$W \cdot k = \frac{p \cdot l^2}{12} + \frac{P \cdot l}{8}; \text{ oder } W = \frac{p \cdot l^2}{12 \cdot k} + \frac{P \cdot l}{8 \cdot k} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (51)$$

In diesem Falle ist

$$x = \frac{P + \frac{p \cdot l}{2}}{E \cdot J} \cdot \frac{l^3}{192} \quad . \quad . \quad . \quad (52)$$

§. 42. Balken von gleicher Widerstandsfähigkeit gegen Bruch.

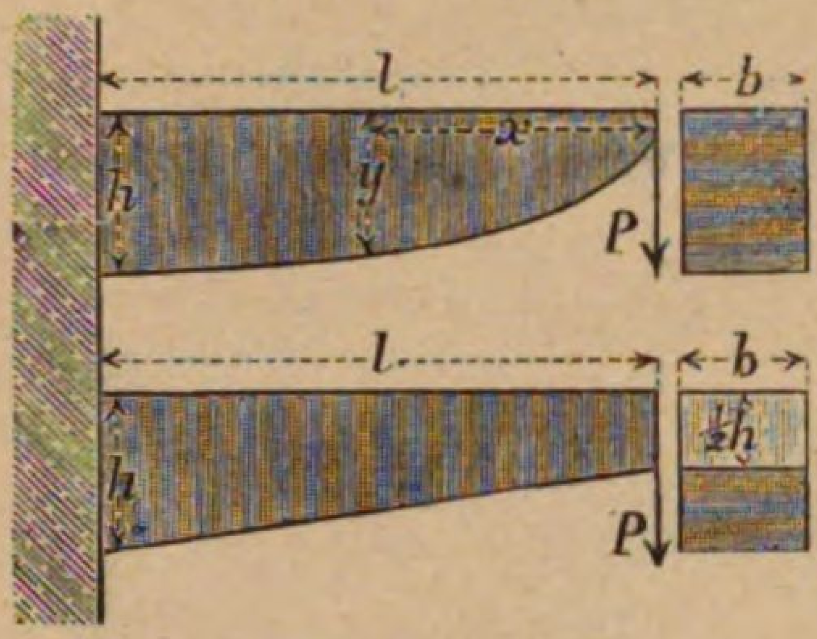
Ein Balken, der nach Fig. 55 einseitig eingeklemmt ist und an dessen freiem Ende eine Last P wirkt, hat in allen Querschnitten gleiche Widerstandsfähigkeit gegen Bruch, wenn das Biegungsmoment $P \cdot x$ oder $P \cdot l$ in allen Querschnitten gleich $W \cdot k$ ist. Bezeichnet b die gleichmässige Breite, h die Höhe an der Einmauerungsstelle und l die

*) In den gewöhnlichen Fällen berücksichtige man die Einmauerung der Balken nicht, sondern berechne die eingemauerten Balken so, als ob sie auf den Stützen frei auflägen. Die Kräfte, in der Richtung der Pfeile, Fig. 31, welche den eingespannten Balken festhalten, müssen ziemlich weit von einander entfernt sein; sie werden um so grösser, je mehr sie sich einander nähern.

**) Man vergl. G. Rebhann's Abhandlung in Förster's Bauzeitung 1853. S. 130.

Länge des Balkens, sowie y irgend eine Höhe desselben im Abstande x vom Endpunkte, so ist, Fig. 55,

Fig. 55 und 56.



$$y = \sqrt{\frac{6 \,.\, P}{b \,.\, k} \,.\, x} \quad \ldots\ldots \quad (53)$$

und

$$h = \sqrt{\frac{6 \,.\, P \,.\, l}{b \,.\, k}} \quad \ldots\ldots \quad (54)$$

Hat der Balken keinen rechteckigen Querschnitt, sondern irgend einen andern, so muss sein $W \,.\, k = P \,.\, x$, oder für die Einklemmungsstelle, wo $x = l$ wird:

$$W \,.\, k = P \,.\, l, \text{ oder } W = \frac{P \,.\, l}{k} \quad \ldots \quad (55)$$

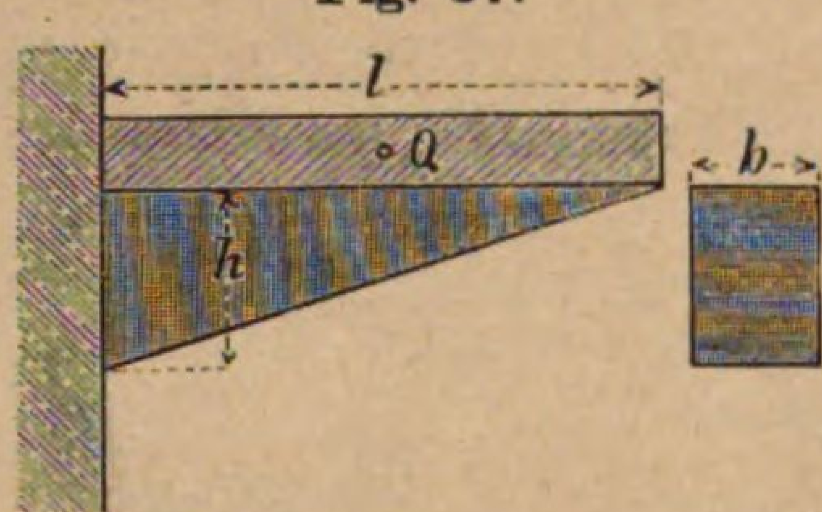
Wenn aber eine Last Q gleichmässig über den Balken vertheilt ist, dann geht die Formel (55) über in:

$$W \,.\, k = \frac{Q \,.\, l}{2}; \text{ oder } W = \frac{Q \,.\, l}{2 \,.\, k} \quad \ldots\ldots \quad (56)$$

Anstatt Fig. 55 kann man die Näherungsform des Balkens Fig. 56 anwenden, wobei man h an der Einmauerungsstelle berechnet und das andere Ende gleich $\frac{1}{2}\,h$ macht.

Die genaue Form des Balkens, Fig. 57, ist leicht herzustellen und man hat für h, wenn Q eine gleichmässig vertheilte Last bezeichnet

Fig. 57.



$$h = \sqrt{\frac{3 \,.\, Q \,.\, l}{k \,.\, b}} \quad \ldots\ldots \quad (57)$$

Ist die Querschnittform kein Rechteck, so hat man die Formel (56) anzuwenden.

Die Balkenformen Fig. 55 bis 57 finden für Tragsteine und für gusseiserne Träger Anwendung.

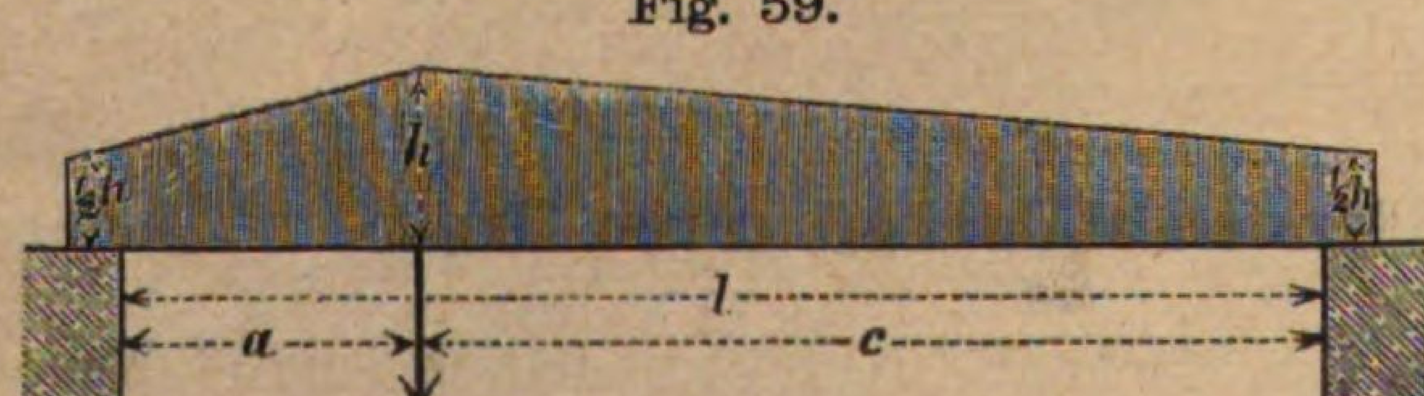
Hat man das Widerstandsmoment, und daraus die Höhe h, eines Balkens auf zwei Stützen nach Formel (34) und (35) oder nach (36) und (37) berechnet, so erhält man annähernd in allen Querschnitten gleichen Widerstand gegen Bruch, wenn man die Endpunkte des Balkens nach Fig. 58 gleich $\frac{1}{2}\,h$ macht und die drei Punkte durch eine schwache Curve verbindet.

Fig. 58.



Trägt der Balken noch einseitige Einzellasten, so muss man W und daraus h nach den Formeln (43), (45) oder (46) für den Bruchquerschnitt berechnen, und dann erhalten alle Querschnitte annähernd gleichen Widerstand gegen Bruch, wenn man, nach Fig. 59, die Endpunkte am Auflager gleich $\frac{1}{2}\,h$ macht, und die drei so gefundenen Höhenpunkte durch gerade oder schwach gekrümmte Linien mit einander verbindet.

Fig. 59.



Die Balkenformen Fig. 58 und 59 werden vielfach für gusseiserne Träger, deren Querschnittformen in Tabelle V enthalten sind, angewendet.

§. 43. Tragfähigkeit der Balken auf drei oder mehr Stützen.

Liegt ein Balken auf **drei** Stützen, die gleich weit von einander entfernt sind, und ist der Balken durchweg gleichmässig pro Längeneinheit mit p belastet, so vertheilt sich der Druck auf die Stützpunkte A, B und C, wie in Fig. 60 angedeutet ist. Die Endstützen erhalten einen Druck von $\frac{3}{8}\,p \,.\, l$, während die Mittelstütze B einen Druck von $\frac{10}{8} \,.\, p \,.\, l$ erhält. Dabei wird das Biegungsmoment nach Fig. 61 auf der Mittelstütze B

am grössten und ist gleich $^1/_8 \cdot p \cdot l^2$. Die graphische Darstellung, Fig. 61, zeigt, dass die Biegungsmomente noch für zwei andere Punkte, die um $^3/_8\, l$ von den Endstützen entfernt liegen, einen Werth gleich $\frac{9}{128} \cdot p \cdot l^2$ erreichen. Da diese Momente aber kleiner sind, als das Biegungsmoment auf der Mittelstütze B, so muss auch der Balken, bei durchgehender gleicher Stärke, für das grösste Moment berechnet werden; es muss also sein:

Fig. 60.

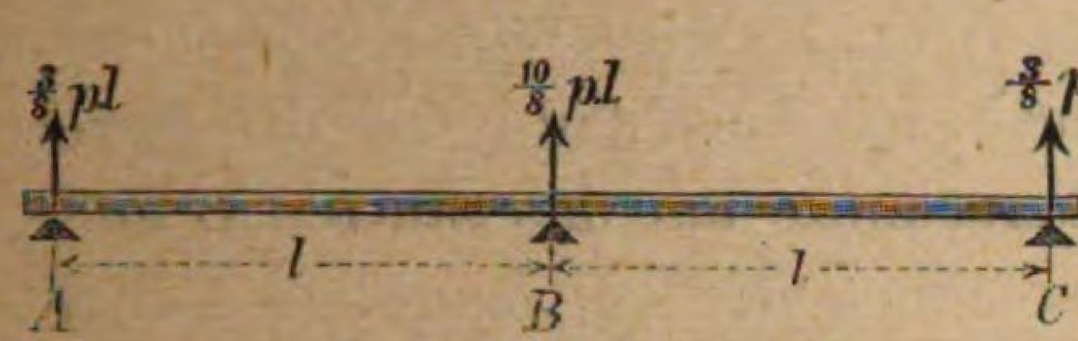
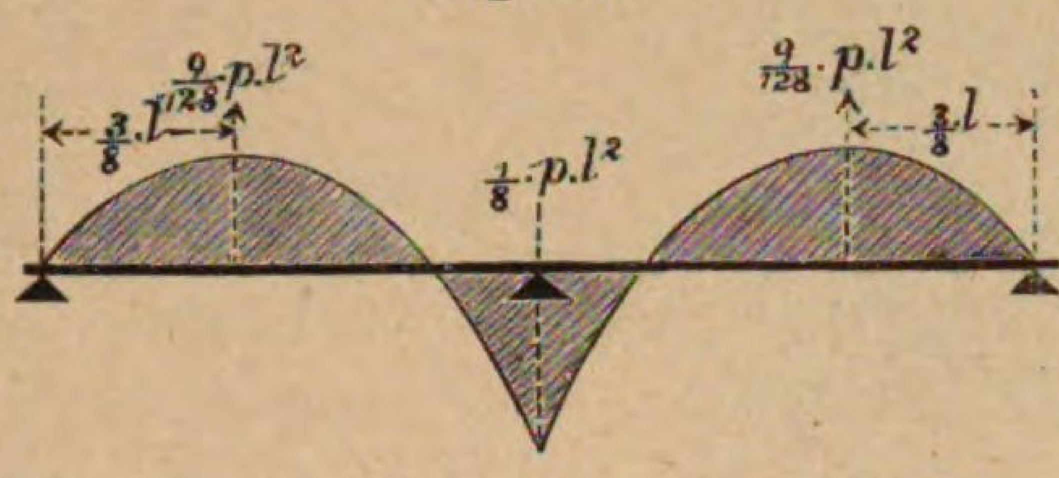


Fig. 61.



$$W \cdot k = {}^1/_8 \cdot p \cdot l^2;\ \text{oder}\ W = \frac{p \cdot l^2}{8 \cdot k} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (58)$$

Hierbei ist vorausgesetzt, dass die drei Stützen in **genau gleicher Höhe** liegen. Durch eine geringe **Senkung der Mittelstütze** kann die Tragfähigkeit des Balkens auf das beinahe $1^1/_2$ fache erhöht werden. Die Grösse der Senkung beträgt

$$s = 0{,}0131\,\frac{p \cdot l^4}{E \cdot J} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (59)$$

Beispiel. *Ein auf drei Stützen liegender Balken trage pro Meter Länge eine Last* $p = 300$ *Kilogr., also pro Centim. Länge* 3 *Kilogr. und die Entfernung zwischen je zwei Stützen sei* $l = 4{,}4$ *Meter, dann erhält nach Fig.* 60 *die Mittelstütze B einen Druck von* $^{10}/_8 \cdot p \cdot l = {}^{10}/_8 \cdot 3 \cdot 440 = 1650$ *Kilogr.; der Druck auf die Endstützen A und B dagegen ist* $^3/_8 \cdot p \cdot l = {}^3/_8 \cdot 3 \cdot 440 = 495$ *Kilogr. Das grösste Biegungsmoment auf der Mittelstütze B, Fig.* 61, *ist* $^1/_8 \cdot p \cdot l^2$, *daher hat man für diesen Bruchquerschnitt nach Formel* (58) $W = \frac{p \cdot l^2}{8 \cdot k}$.

Setzt man Holz als Material des Balkens voraus und nimmt (nach Tabelle I) $k = 73$, *so wird* $W = \frac{3 \cdot 440^2}{8 \cdot 73} = 993$.

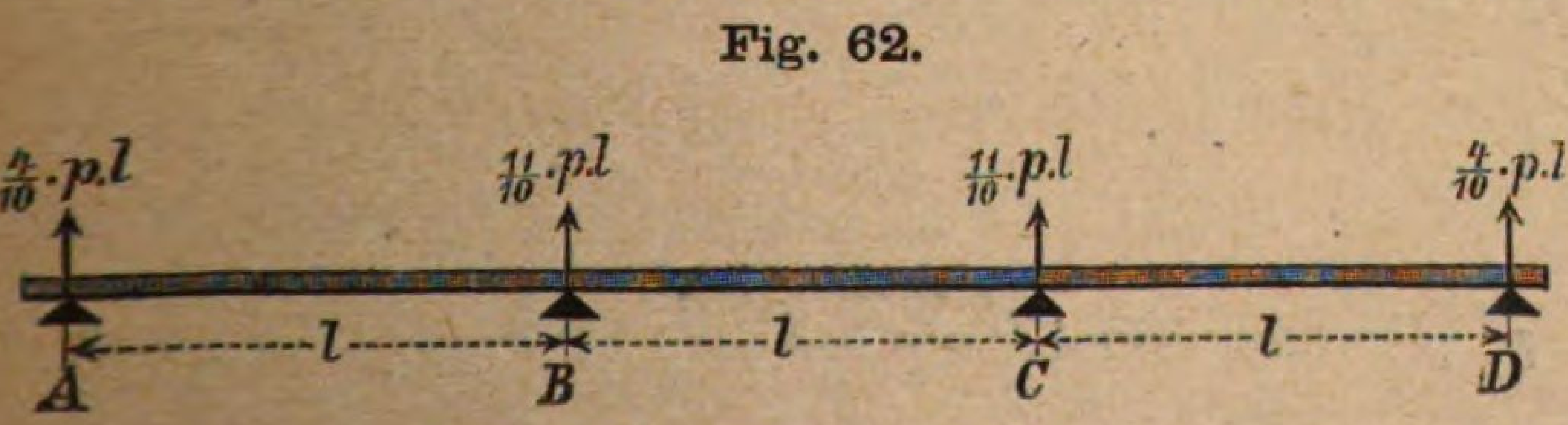
Nach No. 1 *Tabelle III hat man* $W = \frac{B \cdot H^2}{6}$; *oder* $H = \sqrt{\frac{6 \cdot W}{B}}$. *Wählt man vorläufig* $B = 15$ *Centim., so ist* $H = \sqrt{\frac{6 \cdot W}{B}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 993}{15}} = 19{,}9$, *oder abgerundet* $= 20$ *Centim.*

Der Balken würde bei diesen Abmessungen mit dem $1^1/_2$*fachen Gewichte belastet werden können, ohne dass die Beanspruchung des Holzes grösser wird, wenn man die Mittelstütze B, Fig.* 60, *um* $s = 0{,}0131\,\frac{p \cdot l^4}{E \cdot J}$ *niedriger legt als die Endstützen A und C. Man hat für die letztere Formel den Elasticitätsmodul nach Tabelle I für Kiefernholz* $E = 123000$, *und das Trägheitsmoment für den rechteckigen Querschnitt nach No.* 1 *Tabelle III* $J = \frac{B \cdot H^3}{12}$. *Setzt man diese Werthe in Formel* (59) *ein, so erhält man:*

$$s = 0{,}0131\,\frac{3 \cdot 440^4}{123000 \cdot \frac{B \cdot H^3}{12}} = 0{,}0131 \cdot \frac{3 \cdot 440^4}{123000 \cdot \frac{15 \cdot 20^3}{12}} = 1{,}2\ \textit{Centim.}$$

Dadurch also, dass man die Mittelstütze 1,2 *Centim. tiefer legt, als die beiden Endstützen, ist bei gleicher Inanspruchnahme des Materials in unserm Beispiele die Tragfähigkeit des Balkens nahe zu* 450 *Kilogr. pro laufenden Meter geworden.*

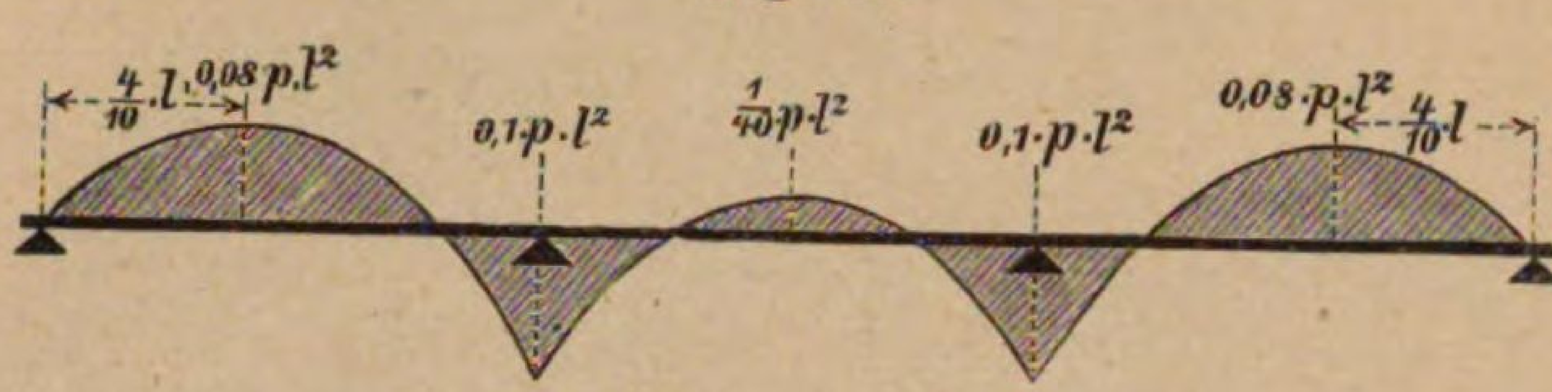
Fig. 62.



Bei einem Balken, der nach Fig. 62 auf **vier** Stützen liegt, erhalten die beiden Endstützen A und D, bei gleichmässig vertheilter Last, einen Druck von $^4/_{10} \cdot p \cdot l$, die Mittelstützen B und C dagegen $^{11}/_{10} \cdot p \cdot l$.

Die Bruchquerschnitte liegen nach der graphischen Darstellung, Fig. 63, auf den Stützen *B* und *C*, wo das Biegungsmoment gleich $0,1 \cdot p \cdot l^2$ wird. Die beiden nächst grössten Biegungsmomente liegen $^4/_{10} \cdot l$ von den Endstützen entfernt und sind gleich $0,08 \cdot p \cdot l^2$. Das Biegungsmoment in der Mitte des Balkens ist gleich $^1/_{40} \cdot p \cdot l^2$. Das Widerstandsmoment muss hier ebenfalls für die Bruchquerschnitte auf den Stützen *B* und *C* berechnet werden, man hat deshalb:

Fig. 63.



$$W \cdot k = 0,1 \cdot p \cdot l^2; \text{ oder } W = \frac{0,1 \cdot p \cdot l^2}{k} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (60)$$

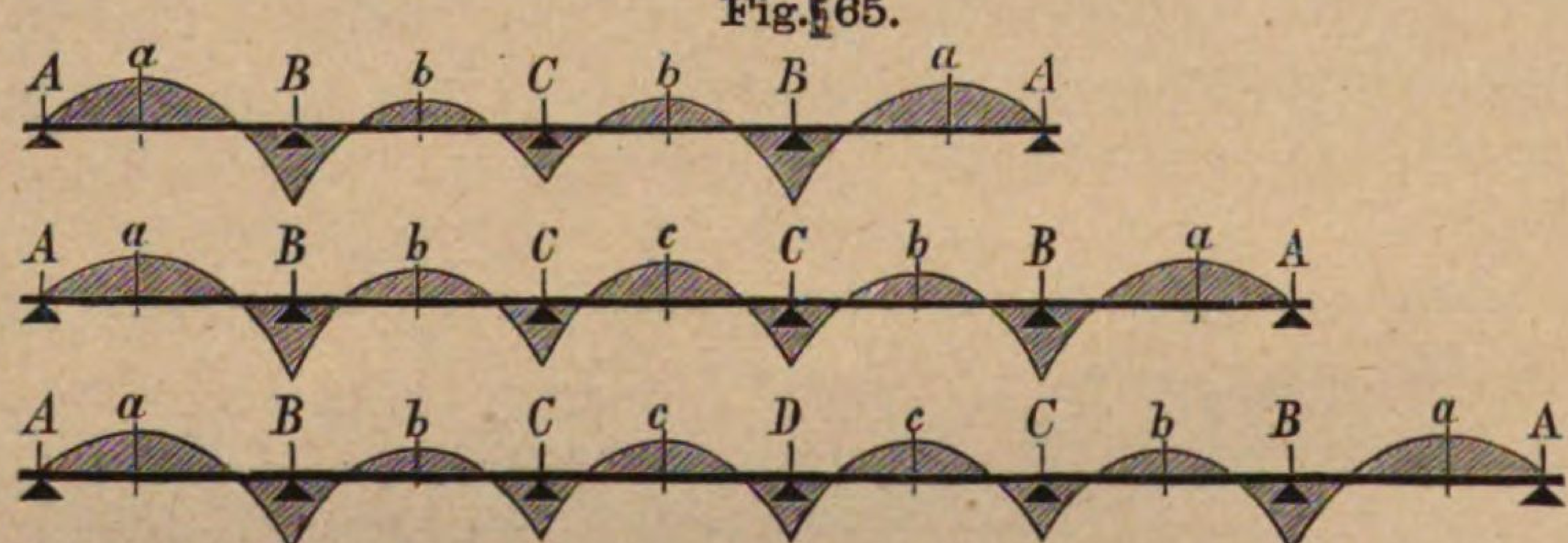
Bei grossen Brücken aus Schmiedeeisen werden die Blech- oder Gitterträger in ihrer Länge nicht überall gleich stark gemacht, sondern man lässt die einzelnen Querschnitte, den Widerstandsmomenten entsprechend, an Flächeninhalt ab- oder zunehmen.

Fig. 64.



Die Druckvertheilung auf die Stützpunkte bei Balken, welche auf **fünf**, **sechs** und **sieben** Stützen liegen, ist in Fig. 64 angegeben*). Die der Aussenstütze am nächsten gelegene Stütze *B* erhält überall den grössten Druck; ebenso ist das Biegungsmoment über dieser Stütze am grössten und muss gleich $W \cdot k$ gesetzt werden.

Fig. 65.



Die Biegungsmomente sind in Fig. 65 graphisch dargestellt. Für die Stützpunkte *A* sind dieselben überall = 0. Für den Balken auf **fünf** Stützen sind die Biegungsmomente folgende:

$B = 0,1071 \cdot p \cdot l^2$; $\quad C = 0,0714 \cdot p \cdot l^2$;
$a = 0,0772 \cdot p \cdot l^2$, ist von *A* um $0,393 \cdot l$ entfernt;
$b = 0,0364 \cdot p \cdot l^2$, - - *B* - $0,536 \cdot l$ -

Es ist hier also:

$$W \cdot k = 0,1071 \cdot p \cdot l^2; \text{ oder } W = \frac{0,1071 \cdot p \cdot l^2}{k} \quad \ldots\ldots \quad (61)$$

Für den Balken auf **sechs** Stützen ist:

$B = 0,1053 \cdot p \cdot l^2$; $\quad C = 0,0716 \cdot p \cdot l^2$;
$a = 0,0780 \cdot p \cdot l^2$, ist von *A* um $0,394 \cdot l$ entfernt;
$b = 0,0352 \cdot p \cdot l^2$, - - *B* - $0,530 \cdot l$ -
$c = 0,0432 \cdot p \cdot l^2$, - - *C* - $0,500 \cdot l$ -

Hier hat man:

$$W \cdot k = 0,1053 \cdot p \cdot l^2; \text{ oder } W = \frac{0,1053 \cdot p \cdot l^2}{k} \quad \ldots\ldots \quad (62)$$

*) Vergl. H. Schmidt's Zusammenstellung von Formeln. Förster's Bauzeitung 1867. S. 173.

Für den Balken auf **sieben** Stützen ist:

$B = 0{,}1058 \,.\, p \,.\, l^2$; $C = 0{,}0769 \,.\, p \,.\, l^2$; $D = 0{,}0865 \,.\, p \,.\, l^2$.

$a = 0{,}0777 \,.\, p \,.\, l^2$, ist von A um $0{,}394 \,.\, l$ entfernt;

$b = 0{,}0340 \,.\, p \,.\, l^2$; - - B - $0{,}529 \,.\, l$ -

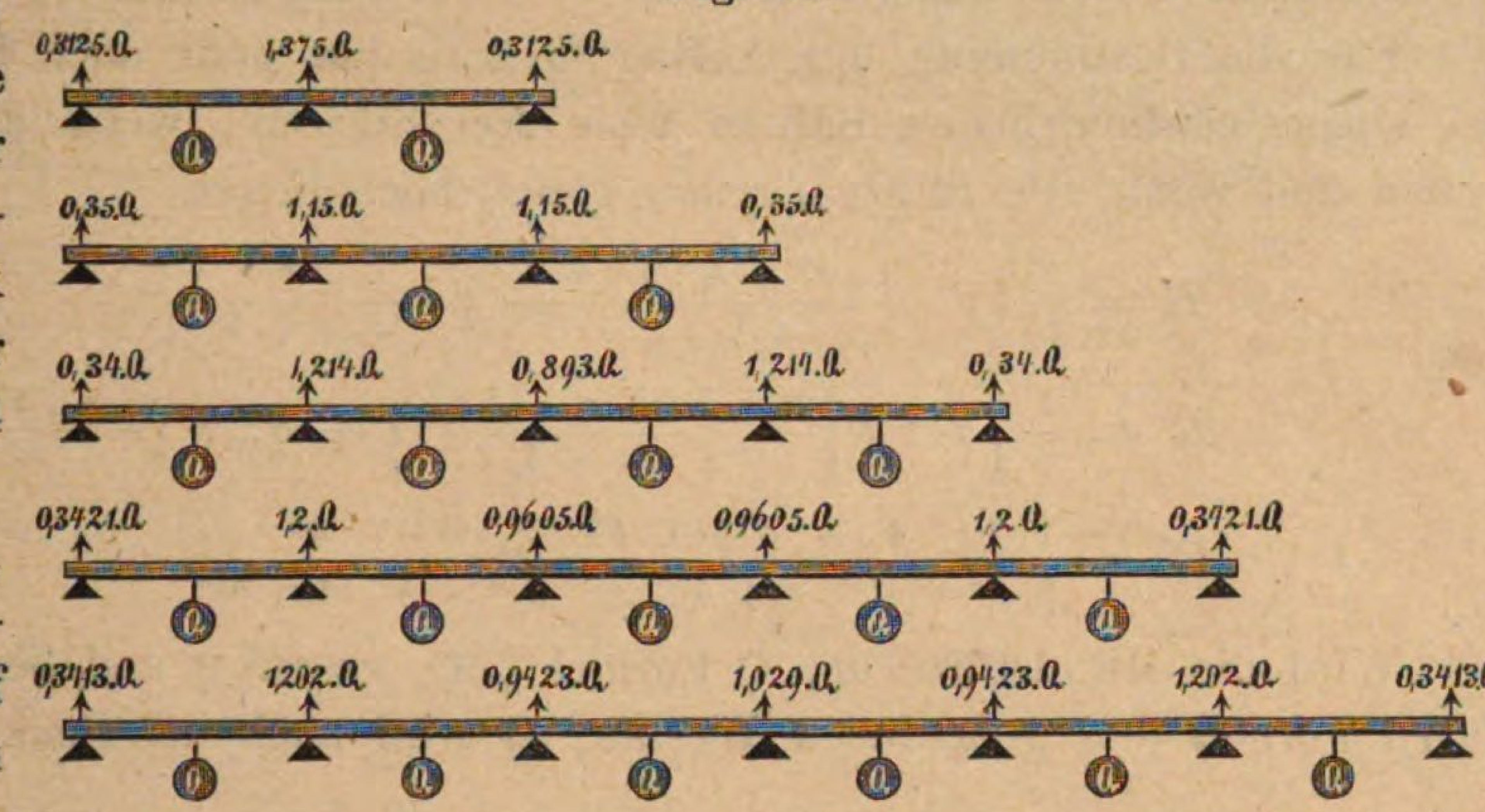
$c = 0{,}0434 \,.\, p \,.\, l^2$; - - C - $0{,}490 \,.\, l$ -

Man hat hier daher:

$$W \,.\, k = 0{,}1058 \,.\, p \,.\, l^2; \text{ oder } W = \frac{0{,}1058 \,.\, p \,.\, l^2}{k} \quad \ldots\ldots \quad (63)$$

Trägt der Balken nur in der Mitte zwischen je zwei gleichweit von einander entfernten Stützen eine Last Q, so vertheilt sich der Druck auf die Stützpunkte*), wie in Fig. 66 angegeben ist.

Fig. 66.



Ist ausser der Last Q noch pro Längeneinheit eine Last p gleichmässig über den Balken vertheilt, so findet man den Auflagerdruck durch Zusammenzählen der Werthe aus Fig. 60, 62, 64 und der Fig. 66.

Zweckmässig ist es, wenn man bei einem continuirlichen Balken, der auf mehr als drei Stützpunkten liegt, die Oeffnungen zwischen den Stützen A und B, Fig. 64, etwas **kleiner** macht als die übrigen Oeffnungen; und zwar sollen die Endöffnungen nach **Köpke****) gleich $^6/_7 \,.\, l$ sein, wenn l die Weite der übrigen Oeffnungen bezeichnet, doch müssen die äusseren Stützen in einem entsprechenden Verhältniss **höher** liegen als die inneren***).

Wenn ein Balken frei aufliegt, so ist das Biegungsmoment auf der ersten und letzten Stütze $= 0$, und über der zweiten Stütze von aussen, wo das Biegungsmoment der Balken, bei gleicher Entfernung der Stützen, am grössten wird, ist es am **kleinsten** für einen continuirlichen Balken über **vier** Stützen. Bezeichnet l die gleichweite Entfernung der Stützen (Fig. 62), m die **zweckmässigste** Weite der mittleren und n die Weite der äusseren Oeffnung, so ist (nach **Winkler**) $m = 1{,}163 \,.\, n = \text{ca. } ^7/_6 \,.\, n$, wobei die drei Maximalmomente gleich gross und $= 0{,}07607 \,.\, p \,.\, l^2$ werden, wenn die innern Stützen gesenkt sind um:

$$s = 0{,}0243 \,.\, \frac{p \,.\, l^4}{E \,.\, J} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (64)$$

Bei gleichen Dimensionen ist die Tragkraft eines solchen continuirlichen Balkens dann 1,643 mal grösser als bei gleich langen Einzelbalken.

Für die Fälle, wo die Entfernung der Stützen ungleich, und wo die Belastung pro Längeneinheit zwischen je zwei Stützen verschieden ist, dienen die **Clapeyron**'schen Formeln.

Setzt man voraus, dass die Stützpunkte sämmtlich genau gleich hoch liegen, und bezeichnen nach Fig. 67: R, R', R'' ... die Verticalkräfte rechts neben den Stützpunkten; M, M', M'' ... die Biegungsmomente über den Stützpunkten, a, b ... die Weite der Oeffnungen, p, q ... die gleichmässig vertheilte Belastung pro Längeneinheit, so ist:

$$R = \frac{M' - M}{a} + \frac{p \,.\, a}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (65)$$

und zwischen den Momenten findet folgende Relation statt:

$$M \,.\, a + 2 \,.\, M' \,(a + b) + M'' \,.\, b = -\, {}^1/_4 \,(p \,.\, a^3 + q \,.\, b^3) \quad \ldots \quad (66)$$

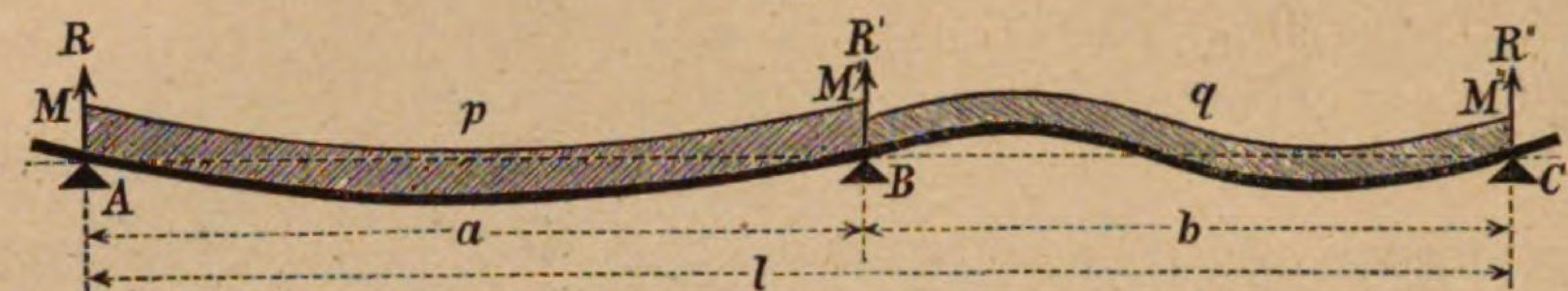
*) Vergl. G. Rebhann. S. 372. Auch Förster's Bauzeitung 1867. S. 174.

**) Vergl. C. Köpke; Zeitschrift des Hannov. Architekten- und Ingenieur-Vereins 1856. S. 420.

***) Vergl. Dr. E. Winkler: Die Lehre von der Elasticität und Festigkeit. S. 146 und 150.

Sind zwei Momente bekannt, so lassen sich nach der letzteren Gleichung nach und nach alle übrigen berechnen. Das Biegungsmoment über dem Stützpunkte A, Fig. 67, ist $= 0$; das über B ist gleich dem Auflagerdrucke R mal Hebelarm a weniger der Belastung $p \,.\, a$ mal Hebelarm $\frac{a}{2}$, indem man $p \,.\, a$ in seinem Schwerpunkte wirkend denkt; man hat also

Fig. 67.



$$M' = R \,.\, a - \frac{p \,.\, a^2}{2} \qquad \ldots \qquad (67)$$

wonach sich M'' etc. nach Gleichung (66) berechnen lässt.

Für die Bestimmung der Auflagerdrücke hat man nach **H. Schmidt** ganz allgemein, bei einem continuirlichen Balken über **drei** Stützen, wenn die Bezeichnungen Fig. 67 gelten und wenn alle Stützen genau gleich hoch liegen

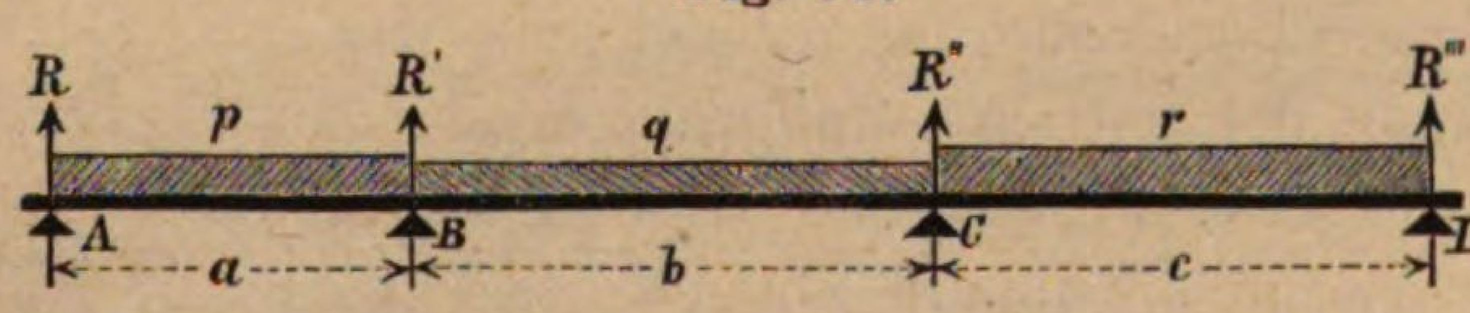
$$\left.\begin{aligned} R &= \frac{1}{8}\left(p \cdot \frac{3 \,.\, a^2 + 4 \,.\, a \,.\, b}{a + b} - q \cdot \frac{b^3}{a\,(a + b)}\right) \\ R' &= \frac{1}{8}\left[p \,.\, a\left(\frac{a^2 + b\,(5 \cdot a + 4 \cdot b)}{b \,.\, (a + b)}\right) + q \,.\, b\left(\frac{a\,(4 \,.\, a + 5 \,.\, b) + b^2}{a \,.\, (a + b)}\right)\right] \\ R'' &= \frac{1}{8}\left(q \cdot \frac{4 \,.\, a \,.\, b + 3 \,.\, b^2}{a + b} - p \cdot \frac{a^3}{b \,.\, (a + b)}\right) \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (68)$$

Wird die Mittelstütze um s, Formel (59), gesenkt, und bezeichnen R, R' und R'' die durch Formel (68) gefundenen Werthe, so wird nach der Senkung:

$$\left.\begin{aligned} R &= R + \frac{3 \,.\, E \,.\, J \,.\, s}{a^2 \,.\, b} \\ R' &= R' - \frac{3 \,.\, E \,.\, J \,.\, s\,(a + b)}{a^2 + b^2} \\ R'' &= R'' + \frac{3 \,.\, E \,.\, J \,.\, s}{a \,.\, b^2} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (69)$$

In den letzteren Formeln bezeichnet E den Elasticitätsmodul des Materials, Tabelle I, und J das Trägheitsmoment des Balken-Querschnittes.

Fig. 68.



Für einen zusammenhängenden Balken über **vier** Stützen, wenn dieselben alle gleich hoch liegen, hat man nach Fig. 68 die folgenden Formeln:

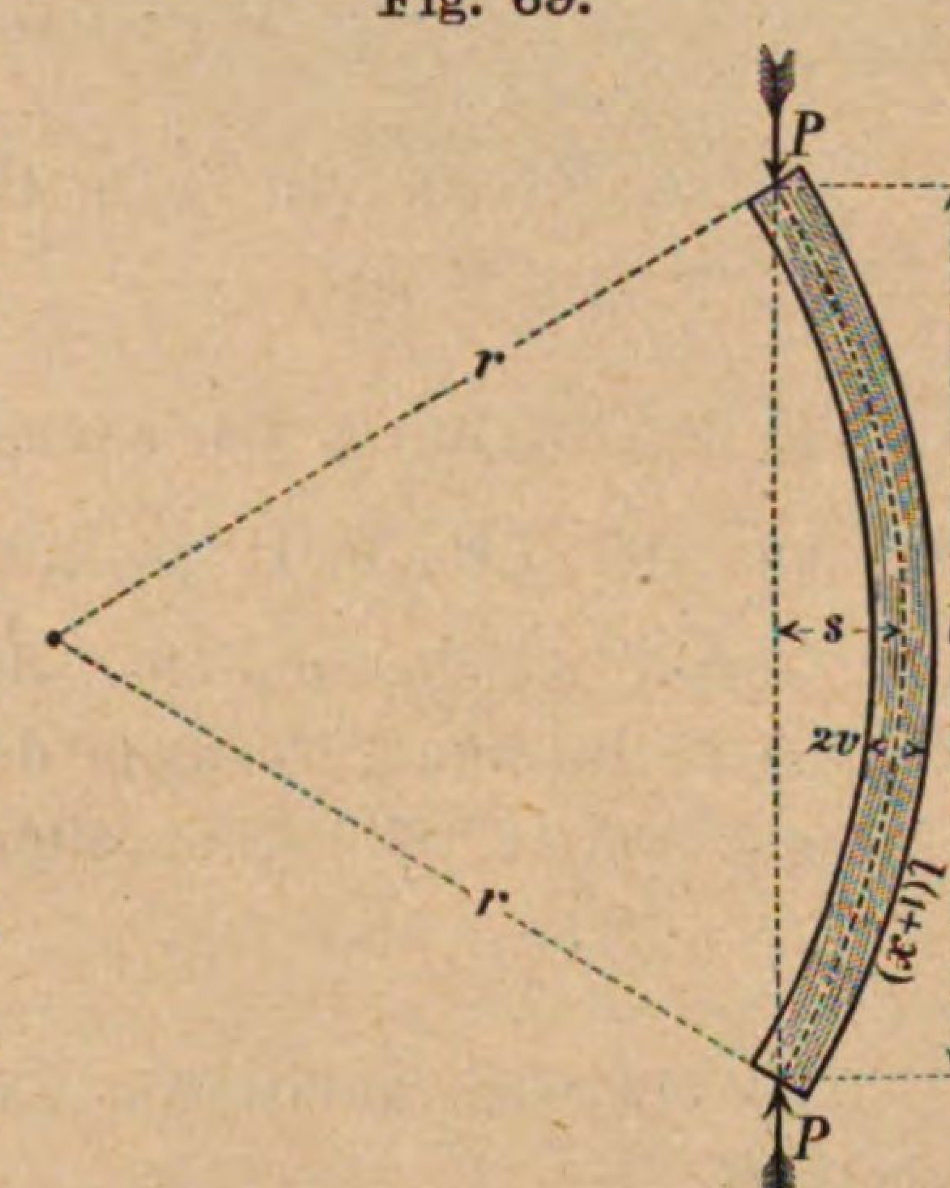
$$\left.\begin{aligned} R &= \frac{2 \,.\, p \,.\, a^2\,(3 \,.\, a \,.\, b + 3 \,.\, a \,.\, c + 3 \,.\, b^2 + 4 \,.\, b \,.\, c) - q \,.\, b^3\,(b + 2 \,.\, c) + r \,.\, b \,.\, c^3}{4 \,.\, a\,(4 \,.\, a \,.\, b + 4 \,.\, a \,.\, c + 4 \,.\, b \,.\, c + 3 \,.\, b^2)} \\ R' &= \frac{p \,.\, a^2\,(3 \,.\, a^2 \,.\, b + 2 \,.\, a^2 \,.\, c + 10 \,.\, a \,.\, b^2 + 10 \,.\, a \,.\, b \,.\, c + 8 \,.\, b^2 \,.\, c + 6 \,.\, b^3)}{4 \,.\, a \,.\, b\,(4 \,.\, a \,.\, b + 4 \,.\, a \,.\, c + 4 \,.\, b \,.\, c + 3 \,.\, b^2)} \\ &+ \frac{q \,.\, b^2\,(6 \,.\, a^2 \,.\, b + 8 \,.\, a^2 \,.\, c + 6 \,.\, a \,.\, b^2 + 10 \,.\, a \,.\, b \,.\, c + 2 \,.\, b^2 \,.\, c + b^3)}{4 \,.\, a \,.\, b\,(4 \,.\, a \,.\, b + 4 \,.\, a \,.\, c + 4 \,.\, b \,.\, c + 3 \,.\, b^2)} \\ &- \frac{r \,.\, c^3\,(2 \,.\, a^2 + 3 \,.\, a \,.\, b + b^2)}{4 \,.\, a \,.\, b\,(4 \,.\, a \,.\, b + 4 \,.\, a \,.\, c + 4 \,.\, b \,.\, c + 3 \,.\, b^2)} \\ R'' &= \frac{r \,.\, c^2\,(8 \,.\, a \,.\, b^2 + 2 \,.\, a \,.\, c^2 + 10 \,.\, a \,.\, b \,.\, c + 10 \,.\, b^2 \,.\, c + 3 \,.\, b \,.\, c^2 + 6 \,.\, b^3)}{4 \,.\, a \,.\, b\,(4 \,.\, a \,.\, b + 4 \,.\, a \,.\, c + 4 \,.\, b \,.\, c + 3 \,.\, b^2)} \\ &+ \frac{q \,.\, b^2\,(2 \,.\, a \,.\, b^2 + 8 \,.\, a \,.\, c^2 + 10 \,.\, a \,.\, b \,.\, c + 6 \,.\, b^2 \,.\, c + 6 \,.\, b \,.\, c^2 + b^3)}{4 \,.\, a \,.\, b\,(4 \,.\, a \,.\, b + 4 \,.\, a \,.\, c + 4 \,.\, b \,.\, c + 3 \,.\, b^2)} \\ &- \frac{p \,.\, a^3\,(b^2 + 3 \,.\, b \,.\, c + 2 \,.\, c^2)}{4 \,.\, a \,.\, b\,(4 \,.\, a \,.\, b + 4 \,.\, a \,.\, c + 4 \,.\, b \,.\, c + 3 \,.\, b^2)} \\ R''' &= \frac{2 \,.\, r \,.\, c^2\,(4 \,.\, a \,.\, b + 3 \,.\, a \,.\, c + 3 \,.\, b \,.\, c + 3 \,.\, b^2) - q \,.\, b^3\,(2 \,.\, a + b) + p \,.\, a^3 \,.\, b}{4 \,.\, a \,.\, b\,(4 \,.\, a \,.\, b + 4 \,.\, a \,.\, c + 4 \,.\, b \,.\, c + 3 \,.\, b^2)} \end{aligned}\right\} \quad . \quad (70)$$

III. Die zusammengesetzt rückwirkende Festigkeit.

§. 44. Die Festigkeit bei centrischer Belastung.

Ein geradliniger Stab vom Querschnitte F, auf dessen Endpunkte die Kräfte P einwirken, Fig. 69, wird pro Flächeneinheit des Querschnittes mit $S = \frac{P}{F}$ gedrückt. Wird aber die Axenlinie des Stabes auf irgend eine Weise von der geradlinigen Richtung abgelenkt, so entsteht eine Biegungsspannung, die ungleichmässig über die Querschnittfläche vertheilt ist. Nachdem der Stab einmal eine wenn auch noch so geringe Biegung angenommen hat, streben die Kräfte P, diese Biegung zu vergrössern, indem mit der fortschreitenden Biegung der Hebelarm s der biegenden Kräfte P wächst, bis der Stab zusammenbricht. Damit nun kein Zerknicken des Stabes stattfinden kann, muss die Querschnittfläche um so viel vergrössert werden, dass die grösste Biegungsspannung S_1, welche in der ganzen Stange vorkommen kann, mit der überall gleichen Druckspannung S zusammengenommen erst so viel beträgt als die zulässige Belastung k des betreffenden Materials. Man hat also die Bedingung:

Fig. 69.



$$S + S_1 = k \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (71)$$

Zur Bestimmung der grössten Biegungsspannung S_1 muss man den grössten Hebelarm s der biegenden Kraft P kennen. Denkt man sich, Fig. 69, die Krümmung des Stabes in allen Punkten gleich gross, so ist seine Krümmungslinie ein Kreisbogen und die Biegungsspannung ist um so grösser, je kleiner der Krümmungshalbmesser r ist. Nach der Gleichung des Kreises hat man, indem man die Differenz zwischen Bogen- und Sehnenlänge vernachlässigt:

$$\left(\frac{l}{2}\right)^2 = 2 \,.\, r \,.\, s - s^2.$$

Da man aber s^2 als sehr klein gegen $2 \,.\, r \,.\, s$ vernachlässigen darf, so hat man

$$s = \frac{\left(\frac{l}{2}\right)^2}{2 \,.\, r} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (72)$$

Die Längen des äusseren und mittleren Bogens verhalten sich aber wie ihre Halbmesser, deshalb ist

$$\frac{r + v}{r} = \frac{l\,(1 + x)}{l}.$$

Reducirt man diese Formel auf r, so ist

$$r = \frac{v}{x}.$$

Durch Substitution dieses Werthes von r in Gleichung (72) erhält man:

$$s = \frac{\left(\frac{l}{2}\right)^2}{2 \cdot \frac{v}{x}} = \frac{\left(\frac{l}{2}\right)^2 \cdot x}{2 \,.\, v} = \frac{l^2 \,.\, x}{8 \,.\, v} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (73)$$

wobei x die grösste Längenänderung und v den Abstand der am stärksten gespannten Faser von der neutralen Axe bezeichnet.

Setzt man den Werth von s als Hebelarm der Kraft P und betrachtet das Product $P \,.\, s$ als die grösste Biegungsspannung S_1, so ist der Werth $S + S_1$ jedenfalls grösser als die grösste Spannung, welche den Stab beansprucht, und derselbe wird somit ganz sicher vor dem Zerknicken bewahrt.

Nach Formel (16) hat man $W \cdot k = P \cdot l$; setzt man darin für l den Hebelarm s, Fig. 69, und für k die Biegungsspannung S_1, so ist:

$$S_1 = \frac{P \cdot s}{W},$$

oder wenn man für W den gleichbedeutenden Werth aus Formel (15) $\frac{J}{v}$ setzt, so erhält man:

$$S_1 = \frac{P \cdot s}{\frac{J}{v}} \text{ oder } S_1 = \frac{P \cdot s \cdot v}{J} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (74)$$

Nun ist aber $S = \frac{P}{F}$, oder $P = S \cdot F$; setzt man diesen Ausdruck, sowie den Werth von s aus Formel (73) in Formel (74), so wird:

$$S_1 = \frac{F \cdot S \cdot v}{J} \cdot \frac{l^2 \cdot x}{8 \cdot v}, \text{ oder}$$

$$S_1 = \frac{x}{8} \cdot \frac{F \cdot l^2}{J} \cdot S \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (75)$$

Diesen Werth von S_1 in Gleichung (71) eingesetzt giebt:

$$S + \frac{x}{8} \cdot \frac{F \cdot l^2}{J} \cdot S = k \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (76)$$

In der letzteren Gleichung bezeichnet k die zulässige Belastung bei kurzen Stäben, die aus der Tabelle II zu entnehmen ist. Setzt man den Quotienten $\frac{k}{S} = n$, so ist n eine Zahl, welche angiebt, den wievielten Theil von der Belastung k man bei langen Stäben in Rechnung bringen darf, um einem Zerknicken derselben vorzubeugen, und es ist nach Formel (76) ganz allgemein:

$$\frac{k}{S} = n = 1 + x \cdot \frac{l^2}{8} \cdot \frac{F}{J} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (77)$$

Die grössten zulässigen Längenänderungen x bis zur Elasticitätsgrenze der Materialien sind für:

Schmiedeeisen	$x = {}^1/_{1520} = 0{,}00066$
Gusseisen	$x = {}^1/_{1200} = 0{,}00083$
Stahl	$x = {}^1/_{800} = 0{,}00125$
Holz	$x = {}^1/_{600} = 0{,}00167$

Beispiel. *Eine runde gusseiserne Säule von* $l = 3{,}1$ *Meter Länge soll eine Last* $P = 12500$ *Kilogr. tragen, wie gross muss ihr Durchmesser sein?*

Nimmt man vorläufig nach Tabelle II die Belastung pro □ *Centim.* $k = 510$ *Kilogr., so ist der erforderliche Querschnitt der Säule* $F = \frac{12500}{510} = 25$ □ *Centim. Bezeichnet nun* d *den Durchmesser der Säule, so ist* $F = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$ *oder.* $d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot F} = \sqrt{\frac{4}{3{,}142} \cdot 25} = 5{,}7$ *Centim.*

Das Trägheitsmoment ist, nach No. 17 Tabelle III, $J = 0{,}0491 \cdot d^4 = 0{,}0491 \cdot 5{,}7^4 = 51{,}8$; *setzt man die betreffenden Werthe in Formel (77), so erhält man*

$$n = 1 + 0{,}00083 \cdot \frac{310^2}{8} \cdot \frac{25}{51{,}8} = 5{,}8.$$

Es ist also die zulässige Belastung nur noch gleich $\frac{k}{n} = \frac{510}{5{,}8} = 88$ *Kilogr.; daher* $F = \frac{12500}{88} = 142$ □ *Centim., woraus der Durchmesser* $d = \sqrt{\frac{4}{3{,}142} \cdot 142} = 13{,}5$ *Centim.*

Das Trägheitsmoment ist nun $J = 0{,}0491 \cdot 13{,}5^4 = 1631$, *daher ist jetzt*

$$n = 1 + 0{,}00083 \cdot \frac{310^2}{8} \cdot \frac{142}{1631} = 1{,}87,$$

so dass die nun zulässige Belastung $\frac{k}{n} = \frac{510}{1{,}87} = 273$ *Kilogr. beträgt.*

Durch einige Wiederholungen der Rechnung kann man den Durchmesser d genauer bestimmen.

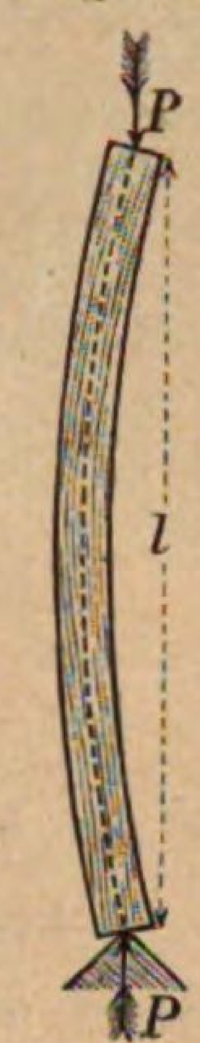
Ein langer Stab, der, nach Fig. 70, an beiden Enden frei aufsteht, in seiner ursprünglichen Axe geführt wird und durch P belastet ist, kann auch mit Zuverlässigkeit nach der Formel:

$$P = a \cdot \pi^2 \cdot \frac{E \cdot J}{l^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (78)$$

berechnet werden. In dieser Formel bezeichnet E den Elasticitätsmodul aus Tabelle I; J das Trägheitsmoment des Querschnittes nach Tabelle III und V;

a einen Sicherheits-Coefficienten $\begin{cases} \text{für Schmiedeeisen} = 1/5 \\ \text{- Gusseisen} = 1/6 \\ \text{- Holz} = 1/10 \end{cases}$

Fig. 70.



Für $\pi^2 = 9,87$ kann man abgerundet die Zahl 10 setzen, dann geht die Formel (78) über in:

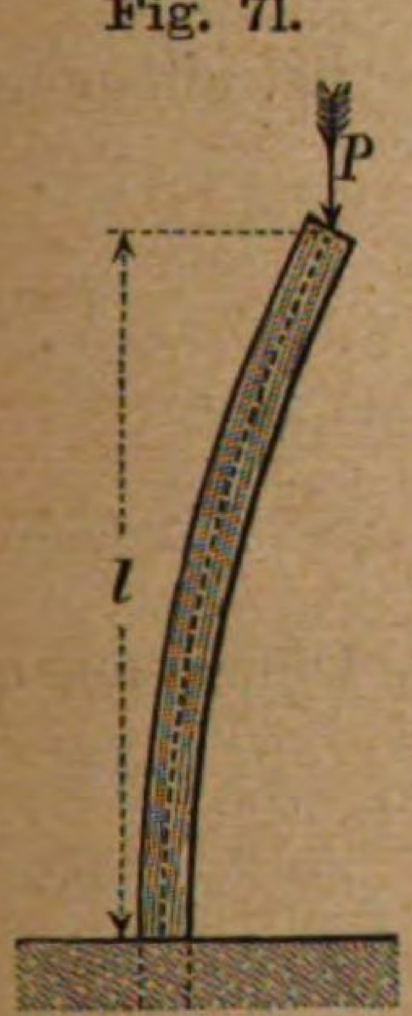
$$P = 10 \cdot a \cdot \frac{E \cdot J}{l^2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (79)$$

Diese Formel auf J reducirt giebt das erforderliche Trägheitsmoment:

$$J = \frac{P \cdot l^2}{10 \cdot a \cdot E} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (80)$$

Hierbei ist aber zu bemerken, dass in den Formeln der Trägheitsmomente, Tabelle III, für die nicht quadratischen Querschnitte B mit H zu verwechseln sit, indem man das Trägheitsmoment auf die **kleinste** Querschnittseite beziehen muss. Für den Querschnitt No. 1 erhält man dann $J = \frac{H \cdot B^3}{12}$; für No. 2: $J = \frac{B^3}{12}(H - h)$; für No. 7: $J = \frac{B^3 \cdot H - b^3 \cdot h}{12}$; etc.

Fig. 71.

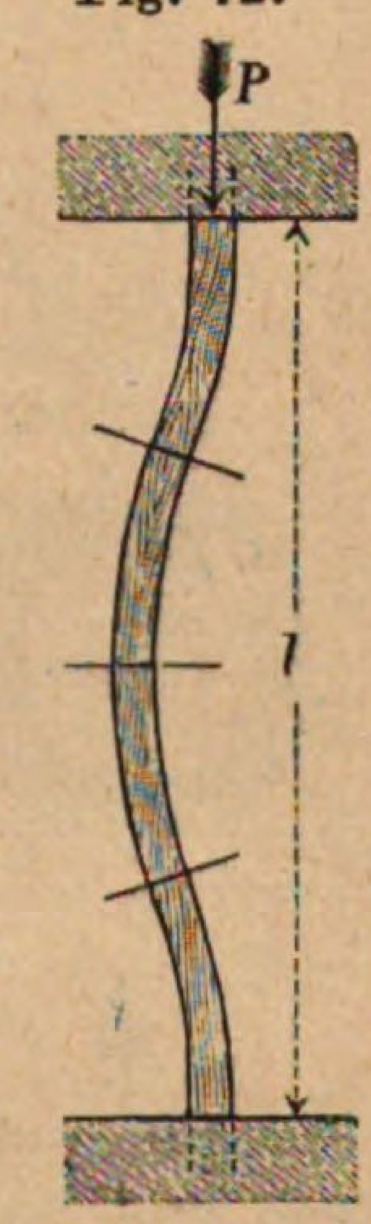


Ist der Stab an einem Ende fest eingeklemmt und am andern mit P belastet, wie in Fig. 71, so ist hier $2 \cdot l = l$ der Fig. 70. Setzt man $2 \cdot l = l$ in Formel (79), so erhält man:

$$P = 10 \cdot a \cdot \frac{E \cdot J}{(2 \cdot l)^2} = 10 \cdot a \frac{E \cdot J}{4 \cdot l^2}; \text{ oder}$$

$$P = 2,5 \cdot a \frac{E \cdot J}{l^2}, \text{ und } J = \frac{P \cdot l^2}{2,5 \cdot a \cdot E} \quad . \; . \quad (81)$$

Fig. 72.

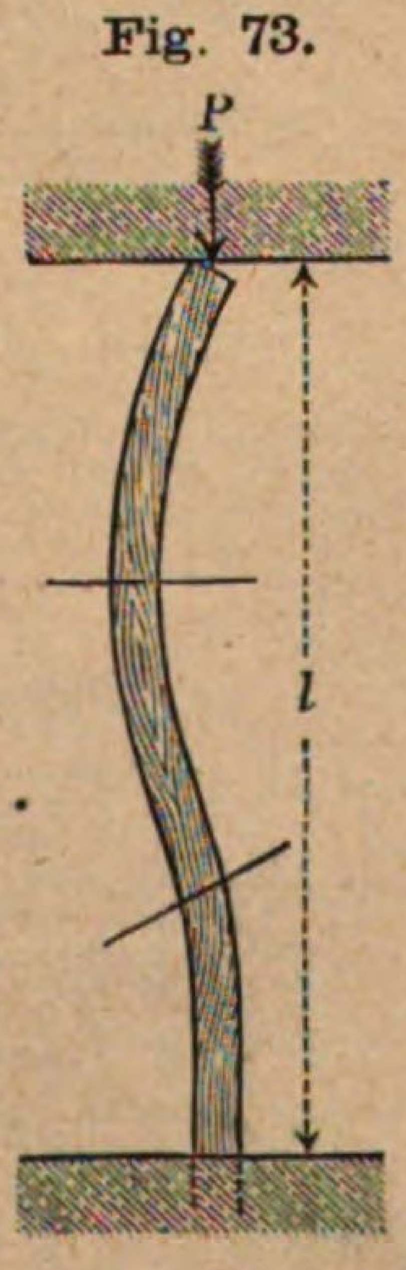


Sind die beiden Enden des Stabes fest eingeklemmt und wirkt die Belastung P in der Richtung der Axe des Stabes, wie in Fig. 72, so entsteht eine doppelte Biegung. Die Wendepunkte der Biegungscurve theilen die Stablänge in vier gleiche Theile und für jeden einzelnen Theil gilt die Formel (81), woher hier $\frac{l}{4}$, statt l in Fig. 71, zu setzen ist. Man hat deshalb:

$$P = 2,5 \cdot a \cdot \frac{E \cdot J}{\left(\frac{l}{4}\right)^2} = 2,5 \cdot a \frac{16 \cdot E \cdot J}{l^2}, \text{ oder:}$$

$$P = 40 \cdot a \cdot \frac{E \cdot J}{l^2}, \text{ und } J = \frac{P \cdot l^2}{40 \cdot a \cdot E} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (82)$$

Fig. 73.



Wenn nur das eine Ende des Stabes fest eingeklemmt ist und das andere frei aufsteht, jedoch so, dass es in der ursprünglichen Axe des Stabes geführt wird, wie in Fig. 73, dann besteht die Biegungscurve aus drei einzelnen Theilen, wobei für jeden Theil die Formel (81) Gültigkeit hat.

In diesem Falle ist:

$$P = 20 \cdot a \cdot \frac{E \cdot J}{l^2}, \text{ und } J = \frac{P \cdot l^2}{20 \cdot a \cdot E} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (83)$$

Die Formeln (82) und (83) werden in der Praxis in den gewöhnlichen Fällen nicht angewendet, indem die Voraussetzung des festen Einspannens und der Führung der Stabenden in der ursprünglichen Axenrichtung des Stabes meistens nicht zutrifft.

Man rechnet aus diesem Grunde, der Sicherheit wegen, nach den Formeln (79), (80), (81) und unterscheidet nur die Fälle der Fig. 70 und 71.

Beispiel. *Es sei wieder der Durchmesser d der gusseisernen Säule des vorigen Beispieles zu bestimmen, wo* $l = 3{,}1$ *Meter und* $P = 12500$ *Kilogr. ist.*

Man hat hier α *für Gusseisen* $= {}^1/_6$ *und E nach Tabelle I, auf* 1 □ *Centim. bezogen, für Gusseisen* $= 1170000$. *Diese Zahlenwerthe in Formel* (80) *eingesetzt, ergeben das erforderliche Trägheitsmoment* $J = \frac{P \,.\, l^2}{10 \,.\, \alpha \,.\, E}$, *oder* $J = \frac{12500 \,.\, 310^2}{10 \,.\, {}^1/_6 \,.\, 1170000} = 616$. *Nun ist aber nach No.* 17 *Tabelle III:* $J = 0{,}0491 \,.\, d^4$, *und daraus* $d = \sqrt[4]{\frac{J}{0{,}0491}} = \sqrt[4]{\frac{616}{0{,}0491}}$ $= \sqrt[4]{12525} = 10{,}6$ *Centim.*

Die Querschnittfläche ist hier $F = \frac{d^2 \,.\, \pi}{4} = \frac{10{,}6^2 \,.\, 3{,}142}{4} = 88$ □ *Centim., so dass also* 1 □ *Centim. mit* $\frac{12500}{88} = 142$ *Kilogr. belastet ist.*

Die zulässige Belastung nach Formel (77) *ist, wenn man* $n = 1 + x \,.\, \frac{l^2}{8} \,.\, \frac{F}{J}$ $= 1 + 0{,}00083 \,.\, \frac{310^2}{8} \,.\, \frac{88}{616} = 2{,}42$ *berechnet, gleich* $\frac{k}{n} = \frac{510}{2{,}42} = 210$ *Kilogr. pro* □ *Centim., die obigen Formeln geben also vollkommene Sicherheit.*

Für hohle Säulen, Fig. 74, ist sehr nahe, nach Tabelle IV, $J = {}^1/_8 \,.\, \pi \,.\, s \,.\, d^3$. Setzt man diesen Werth für J, so wird, im Falle der Fig. 70, aus Formel (80):

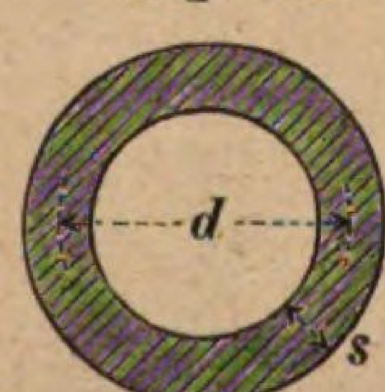
$$ {}^1/_8 \,.\, \pi \,.\, s \,.\, d^3 = \frac{P \,.\, l^2}{10 \,.\, \alpha \,.\, E}, $$

oder wenn man auf der rechten Seite der Gleichung durch ${}^1/_8 \,.\, \pi = 0{,}3925$ dividirt:

$$ s \,.\, d^3 = \frac{P \,.\, l^2}{3{,}925 \,.\, \alpha \,.\, E} \quad \ldots \ldots \quad (84) $$

Speciell für **gusseiserne** Säulen erhält man in diesem Falle, wenn man die betreffenden Grössen in Centim. und Kilogr. einsetzt, die folgende Formel:

Fig. 74.



$$ s \,.\, d^3 = \frac{P \,.\, l^2}{765000} \quad \ldots \ldots \quad (85) $$

Für die Belastungsweise, Fig. 71, wird dann aus Formel (81):

$$ s \,.\, d^3 = \frac{P \,.\, l^2}{0{,}982 \,.\, \alpha \,.\, E} \quad \ldots \ldots \quad (86) $$

Oder wieder speciell für **gusseiserne** Säulen, wenn die Dimensionen in Centim. und die Last in Kilogr. eingesetzt werden:

$$ s \,.\, d^3 = \frac{P \,.\, l^2}{191000} \quad \ldots \ldots \quad (87) $$

Beispiel. *Eine hohle gusseiserne Säule, von* $l = 4{,}8$ *Meter Länge, ist in der Weise wie Fig.* 70 *mit* $P = 15000$ *Kilogr. belastet, wie gross muss ihr Durchmesser sein?*

Man hat hier nach Formel (85) $s \,.\, d^3 = \frac{15000 \,.\, 480^2}{765000} = 4518$.

Nimmt man die Wandstärke $s = 2$ *Centim., so ist* $d^3 = \frac{4518}{2} = 2259$, *und hieraus* $d = \sqrt[3]{2259} = 13{,}2$. *Der äussere Durchmesser ist also gleich* $d + s = 13{,}2 + 2 = 15{,}2$ *Centim.*

Werden lange Stäbe von L-, T-, I- und ⊏-Eisen auf Druck beansprucht, so ist die zulässige Belastung annähernd:

$$ P = \frac{15 \,.\, F \,.\, k \,.\, B}{l} \quad \ldots \ldots \quad (88) $$

In dieser Formel bezeichnet:

P die Belastung in Kilogr.,
F den Querschnitt in □ Centim.,
B die kleinere Breite des Profileisens in Centim.,
l die Länge des Stabes in Centim.,
k die zulässige Belastung pro □ Centim. nach Tabelle II.

§. 45. Festigkeit bei excentrischer Belastung.

Ein Stab, der nach Fig. 75 oder 76 belastet ist, wird sowohl rückwirkend wie relativ beansprucht.

Bezeichnet:

P die Belastung des Stabes in Kilogr.,
k die Belastung pro □Centim. nach Tabelle I,
l die Länge des Stabes in Centim.,
r den Hebelarm der Kraft P,
F den Querschnitt des Stabes in □Centim.,
$W = \frac{J}{v}$ das Widerstandsmoment des Querschnittes,
a den Neigungswinkel des Stabes mit der Verticalen,
E den Elasticitätsmodul,

Fig. 75.

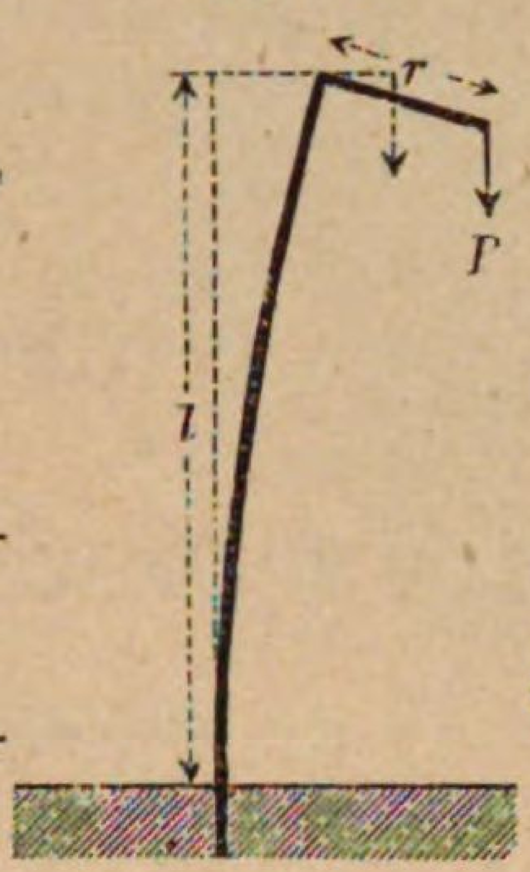
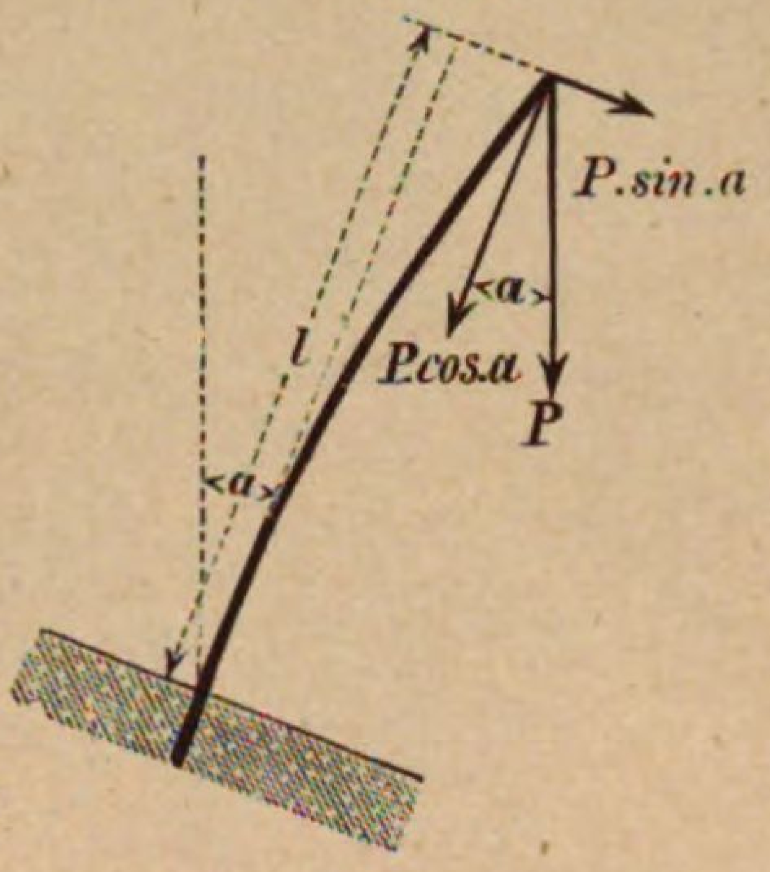


Fig. 76.



so ist in dem Falle Fig. 75:

$$P = \frac{k}{\frac{1}{F} + \frac{r}{W}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (89)$$

In dem Falle Fig. 76 hat man:

$$P = \frac{k}{\frac{\cos. a}{F} + \frac{l \,.\, \sin. a}{W}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (90)$$

Dritter Abschnitt.

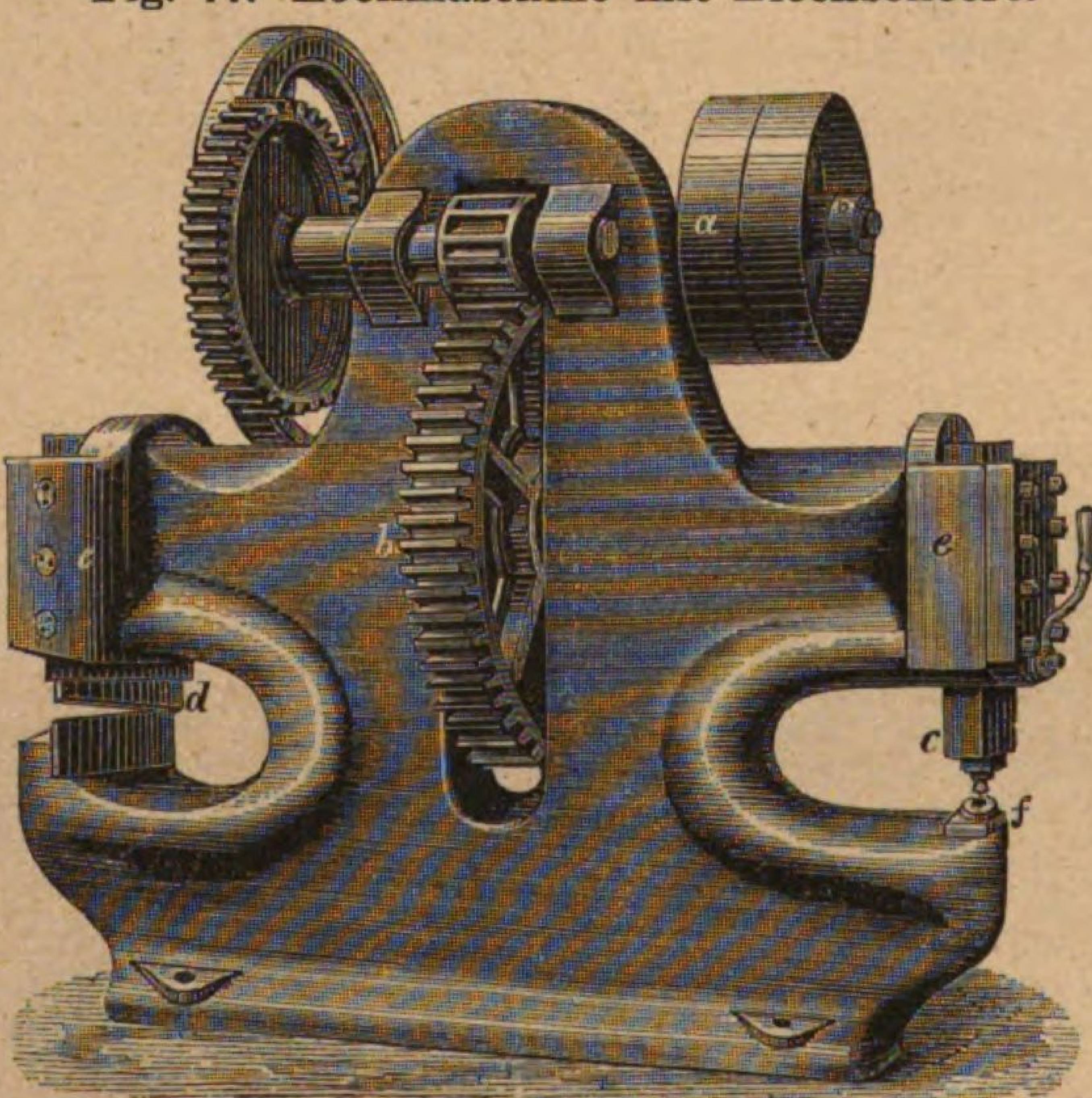
Die Verbindung der Metalle.

I. Nietverbindungen.

§. 46. Ausführung der Nietverbindungen.

Es ist nicht möglich, dem Schmiedeeisen durch Walzen und Schweissungen alle die Formen zu geben, welche die Zwecke und die Festigkeit verschiedener Constructionen bedingen; man ist daher veranlasst, manche Constructionen aus mehreren Theilen von besonderer Form zusammenzusetzen, was entweder mittelst Nietung oder Verschraubung bewirkt wird. Am gebräuchlichsten sind die Nietverbindungen von Winkeleisen mit Blechen und Flacheisen, welche zu diesem Zwecke in bestimmten Abständen durchlocht werden, so dass die Löcher genau auf einander passen und sich zur Aufnahme von Nietbolzen eignen.

Fig. 77. Lochmaschine mit Blechscheere.

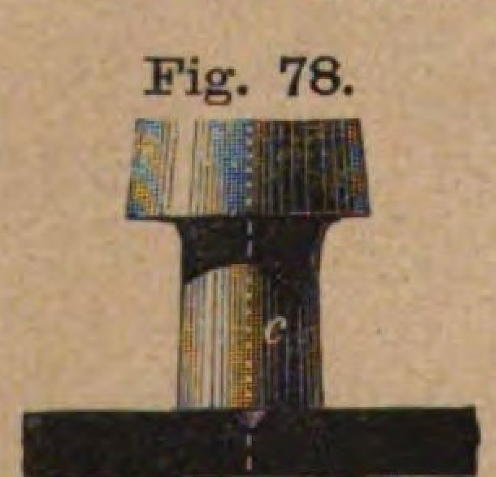


Die Durchlochung des Schmiedeeisens geschieht entweder mittelst Lochmaschinen, oder durch Bohrmaschinen. Fig. 77 zeigt eine solche Lochmaschine in Combination mit einer Blechscheere.

Die Riemenscheibe *a* treibt mittelst Uebersetzung das Zahnrad *b*, welches auf einer Welle festgekeilt ist, deren Endpunkte excentrische Scheiben tragen. Die Scheiben greifen in entsprechende Schlitze des Lochstempels *c* und des Scheermessers *d*, so dass beide durch Umdrehung der Welle in den Führungen *e* mit grosser Kraft auf und nieder bewegt werden.

Das zu durchlochende Schmiedeeisen wird an den Stellen, wohin die Löcher kommen sollen, mit einem Körner (ein unten kegelförmig zugespitzter Stahl) vorgezeichnet und beim Aufgange des Lochstempels *c* zwischen diesen und die ringförmige Unterlage *f* gebracht, in der Art, wie Fig. 78 zeigt, worauf der niedergehende Lochstempel das Eisen durchstösst, und es muss der zu durchlochende Gegenstand bei jedem Hube des Stempels um eine Lochtheilung weiter gerückt werden.

Fig. 78.



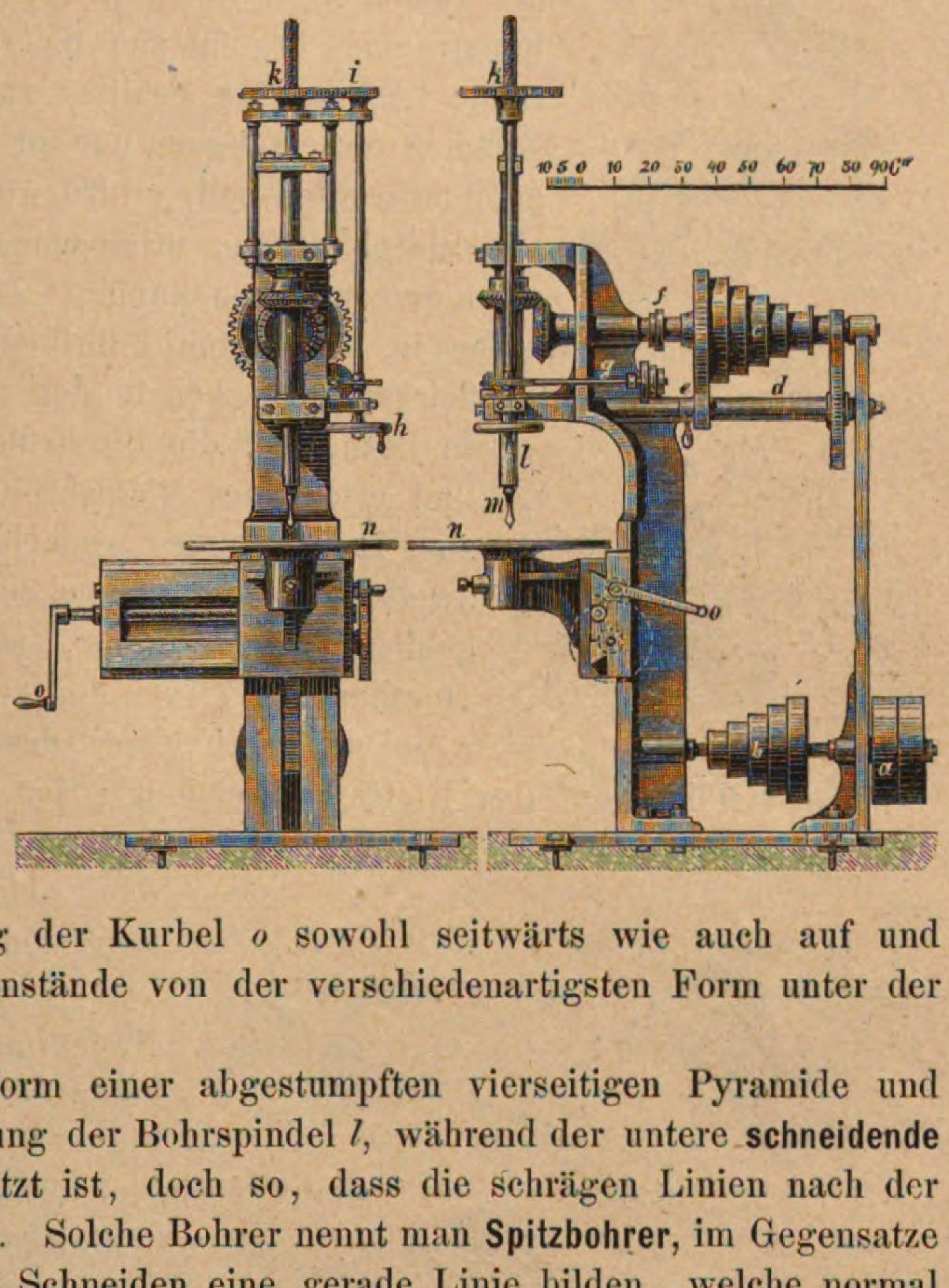
Man kann leicht einsehen, dass die Festigkeit des Eisens bei dieser gewaltsamen Durchpressung leiden muss, und dass es unter allen Umständen für solid auszuführende Constructionen zweckmässiger ist, die Durchlochung des Schmiedeeisens mittelst Bohrmaschinen zu bewirken, wobei die Löcher durch rotirende Stahlbohrer aus dem Eisen herausgeschnitten werden.

Eine zweckmässige Bohrmaschine für Maschinenbetrieb ist in Fig. 79 in der Vorderansicht und in Fig. 80 in der Seitenansicht dargestellt.

Auf einer gemeinschaftlichen Welle sind die Betriebsriemscheibe *a* und die Stufenscheibe *b* befestigt, und wird mittelst Riemen durch die letztere die obere Stufenscheibe *c* in Umdrehung gesetzt. Diese kann sich entweder lose auf ihrer Welle drehen, in welchem Falle sie durch die Zahnradübersetzung *d* die Welle *f* umdreht, welche durch Kegelräder die Bohrspindel *l* betreibt, oder die Stufenscheibe *c* kann direct die Welle *f* umdrehen, wenn die Handhabe *e* entfernt und die Zahnräder des Vorgeleges *d* durch Verschiebung ausser Eingriff gebracht sind. Indem man den Betriebsriemen auf je zwei correspondirende Stufenscheiben legen und entweder das Vorgelege gebrauchen oder nicht gebrauchen kann, ist man im Stande, der Bohrspindel *l* je nach dem Durchmesser der zu bohrenden Löcher sehr verschiedene Geschwindigkeiten zu geben.

Die Bohrspindel *l* ist in der gusseisernen Hülse, worauf das Betriebs-Kegelrad befestigt ist, in zwei Lagern in verticaler Richtung verschiebbar und lässt sich durch Umdrehung des Handrades *h*, dessen Welle das Zahnrad *i* trägt, welches in *k* eingreift, auf und nieder bewegen. Das Zahnrad *k* dreht sich in einer Traverse, die mit dem Bohrmaschinengestell durch zwei kleine Säulen verbunden ist, derartig, dass es sich in verticaler Richtung nicht verrücken kann, und ist in diesem Rade die Mutter einer Schraube enthalten, die wiederum mit der Bohrspindel *l* so verbunden ist, dass Bohrspindel und Schraube sich unabhängig von einander umdrehen können.

Fig. 79 und 80. Bohrmaschine.



An dem untern Theil des Bohrmaschinengestelles befindet sich ein Support, in dem eine Planscheibe *n* befestigt ist, welche als Auflager für die zu bohrenden Gegenstände dient und auf der die letzteren mittelst Schrauben befestigt werden können. Der Schlitten der Planscheibe lässt sich durch Umdrehuug der Kurbel *o* sowohl seitwärts wie auch auf und nieder bewegen, so dass man Gegenstände von der verschiedenartigsten Form unter der Maschine bohren kann.

Der Bohrer *m* hat oben die Form einer abgestumpften vierseitigen Pyramide und steckt in einer entsprechenden Oeffnung der Bohrspindel *l*, während der untere **schneidende** Theil flach und rechtwinklig zugespitzt ist, doch so, dass die schrägen Linien nach der Umdrehungsrichtung **Schneiden** bilden. Solche Bohrer nennt man **Spitzbohrer,** im Gegensatze zu dem **Centrumbohrer,** bei dem die Schneiden eine gerade Linie bilden, welche normal zur Bohrspindel gerichtet ist, und der seine Führung im Mittelpunkte durch eine kleine angefeilte Spitze erhält, deren Schneiden in derselben Weise gebildet sind wie beim Spitzbohrer. Der letztere bohrt ein weniger gleichförmiges Loch als der Centrumbohrer und sind diese daher vorzuziehen.

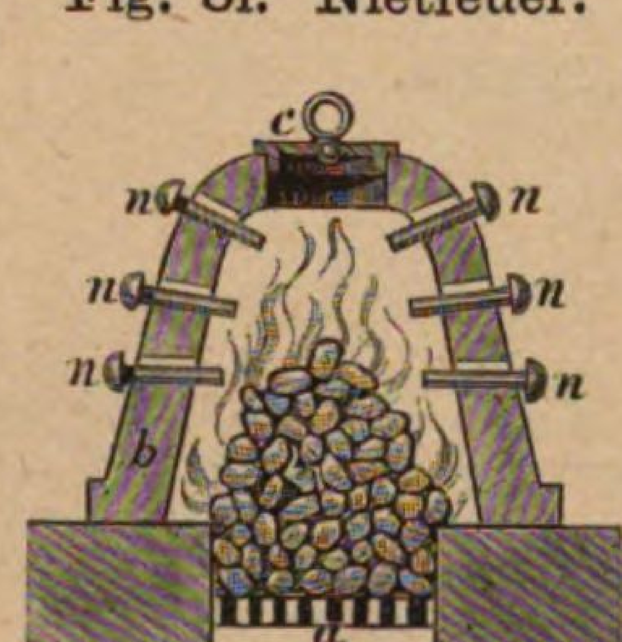
Beim Betriebe der Bohrmaschine wird die sich umdrehende Bohrspindel *l* mit dem Bohrer *m* durch das Handrad *h* auf den zu bohrenden Gegenstand niedergeschraubt, wobei die Stahlschneiden des Bohrers in das Eisen eindringen und es in Spänen herausschneiden, so lange die Spindel niedergedrückt wird. Das Herunterschrauben der Bohrspindel kann auch durch die Maschine **selbstthätig** besorgt werden, wenn man einen Riemen über die

Stufenscheibe f legt, der die Welle g umdreht, wobei eine kleine Schnecke in das Schneckenrad auf der Welle des Handrades h eingreift und dadurch die Bohrspindel niederschraubt. Beim Bohren des Schmiedeeisens oder Stahls muss Oel oder Seifenwasser in die Bohrlöcher getröpfelt werden, weil sich sonst der Bohrer zu sehr erhitzt und sich im Eisen festfrisst.

Die Nietung geschieht bei kleineren Nieten durch Anhämmern eines Kopfes an dem kalten Nietbolzen, bei grösseren Nieten aber wird der Nietschaft vorher weissglühend gemacht und darauf der Kopf durch Vorhämmer **angestaucht**, wobei die abgerundete Form zuletzt durch den sogenannten **Schellhammer** gebildet wird. Der Schellhammer besteht aus Gussstahl und ist an dem einen Ende die Nietkopfform halbkugelförmig ausgedreht, während das andere Ende abgerundet ist, um die **Schellschläge** der Vorhämmer aushalten zu können.

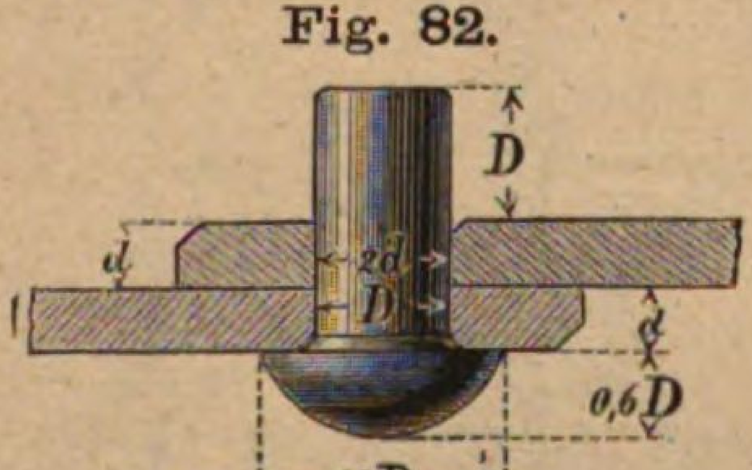
Zum Warmmachen der Nietbolzen benutzt man meistens kleine transportable Feldschmieden, oder in grösseren Werkstätten die in Fig. 81 dargestellten Nietfeuer. Das Brennmaterial wird hier durch die mit einem Deckel verschliessbare Oeffnung c auf den Rost a geschüttet, wo es verbrennt und dadurch die Enden der Nieten n erwärmt. Der Umhüllungsmantel b des Feuerraumes besteht aus feuerfestem Material und enthält derselbe runde Löcher oder Schlitze zur Aufnahme der Nietbolzen. Da die Niete in diesem Feuer nur an ihren äussersten Enden, wo der Kopf gebildet werden soll, erhitzt werden, so sind dieselben zweckmässiger als Feldschmieden, in denen man die Erwärmung der Nietschäfte weniger controliren kann.

Fig. 81. Nietfeuer.



Die Nietbolzen werden in besonderen Fabriken angefertigt und kommen mit einem Kopfe, dem sogenannten **Setzkopf**, versehen in den Handel. Die Dimensionen des Nietes in Bezug auf die Blechstärke d sind in Fig. 82 eingeschrieben und erhält der Nietbolzen gewöhnlich die doppelte Blechstärke zum Durchmesser, wonach $D = 2\,d$ zu setzen ist. Damit der zweite Nietkopf, der sogenannte **Schliesskopf**, an dem Nietschaft gebildet werden kann, muss der letztere mindestens um den Durchmesser D vor den zu verbindenden Eisen vorstehen.

Fig. 82.



Der Durchmesser des Setzkopfes, gleich 1,8 D, ist auch für den Schliesskopf des Nietes ausreichend; bei Dampfkesseln etc. macht man den letzteren aber oft etwas grösser, gleich 2 D, damit eine bessere Dichtigkeit zwischen Nietkopf und Blech erzielt wird.

Fig. 83.

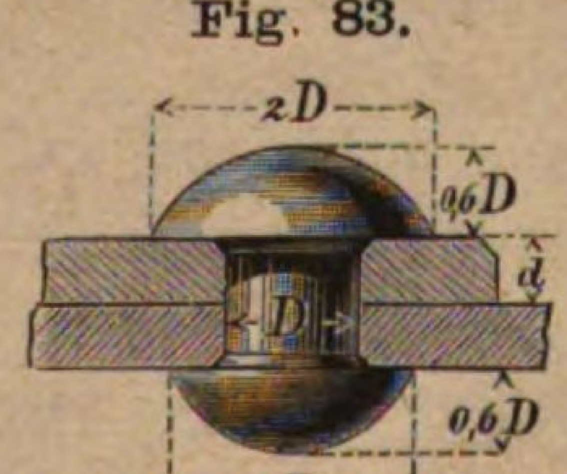
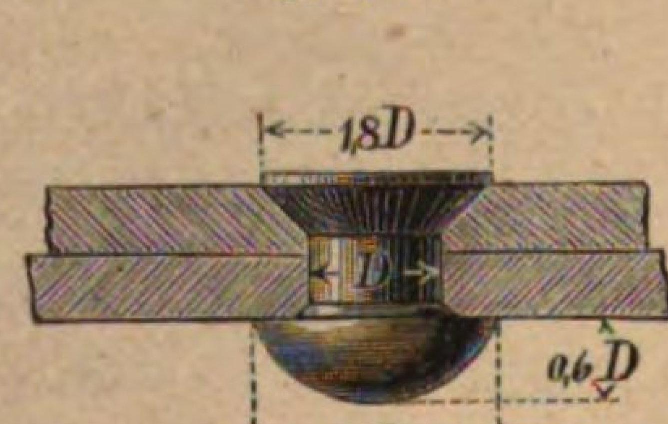


Fig. 84.



In manchen Fällen ist das Vorstehen der Nietköpfe an einer Seite der Nietverbindung hinderlich, und wird dann der **Schliesskopf** nach Fig. 84 versenkt.

Bei breiten Trägern aus Schmiedeeisen kommt es oft vor, dass zwei verticale Blechwände bestimmten Abstand von einander haben und der Steifigkeit wegen mit einander verbunden sein müssen, was in der Regel dadurch bewirkt wird, dass man nach Fig. 85 gerade abgeschnittene Gasrohrstücke oder aus Blechstreifen gerollte Büchsen zwischen die Blechwände stellt und das Ganze durch einen Nietbolzen vereinigt.

Fig. 85.

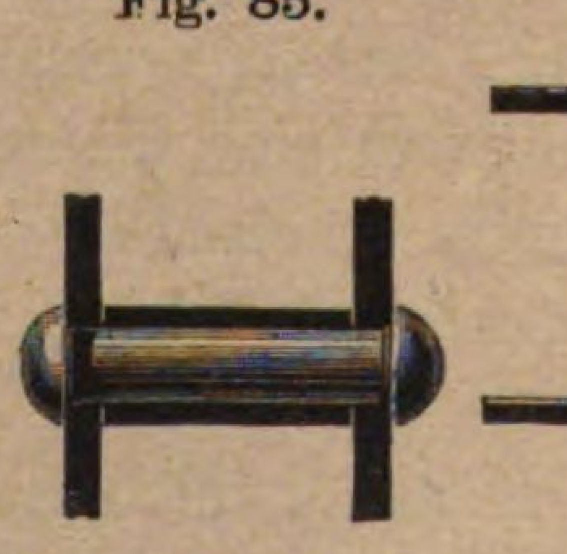
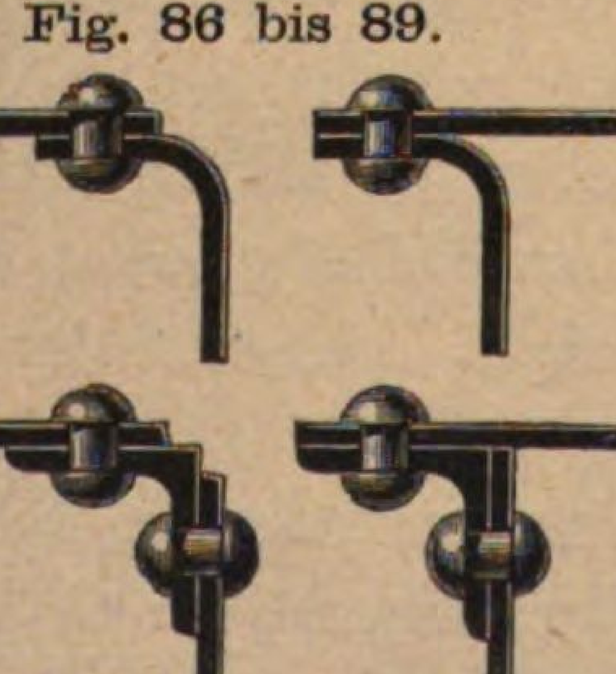


Fig. 86 bis 89.



Die Kanten bei Ausführung von Reservoiren und andern Gefässen aus Blech werden gewöhnlich in der Art gebildet, wie es die Fig. 86 bis 89 andeuten. Es wird entweder das eine Blech umgebogen, wie in Fig. 86 und 87, oder es werden Winkeleisen zur Verbindung

beider Bleche benutzt. Bei den Fig. 86 und 88 liegt die Nietung und das Winkeleisen im Innern des Gefässes, bei Fig. 87 und 89 aussen; doch ist die erstere Art der Kantenbildung der letzteren vorzuziehen, weil das Dichtstemmen der Gefässe hier erleichtert wird.

Vor der Ausführung einer Nietung werden die zu verbindenden Eisen vorläufig mit Schraubenbolzen zusammengeheftet, wobei je das dritte oder vierte Nietloch eine Schraube erhält, dann werden die übrigen Löcher sorgfältig von Schmutz und etwa vortretenden Grattheilen gereinigt und die nicht genau auf einander passenden Löcher mittelst stählerner Reibalen aufgerieben. Nun nimmt man mit einer Zange den erhitzten Nietbolzen aus dem Feuer, schlägt den Glühspan ab und bringt ihn von unten in das betreffende Nietloch, so dass der Setzkopf sich fest an das Blech anschliesst. Damit derselbe beim Anstauchen des Schliesskopfes an dem Bleche liegen bleibt, wird ein gusseiserner Klotz, in dem der Nietkopf versenkt ist, durch eine geeignete Hebelvorrichtung vorgehalten und darauf der Schliesskopf fertig angestaucht. Nachdem die von Schrauben freien Löcher vernietet sind, werden die Schraubenbolzen aus den übrigen Löchern herausgenommen und diese ebenfalls mit Nieten ausgefüllt.

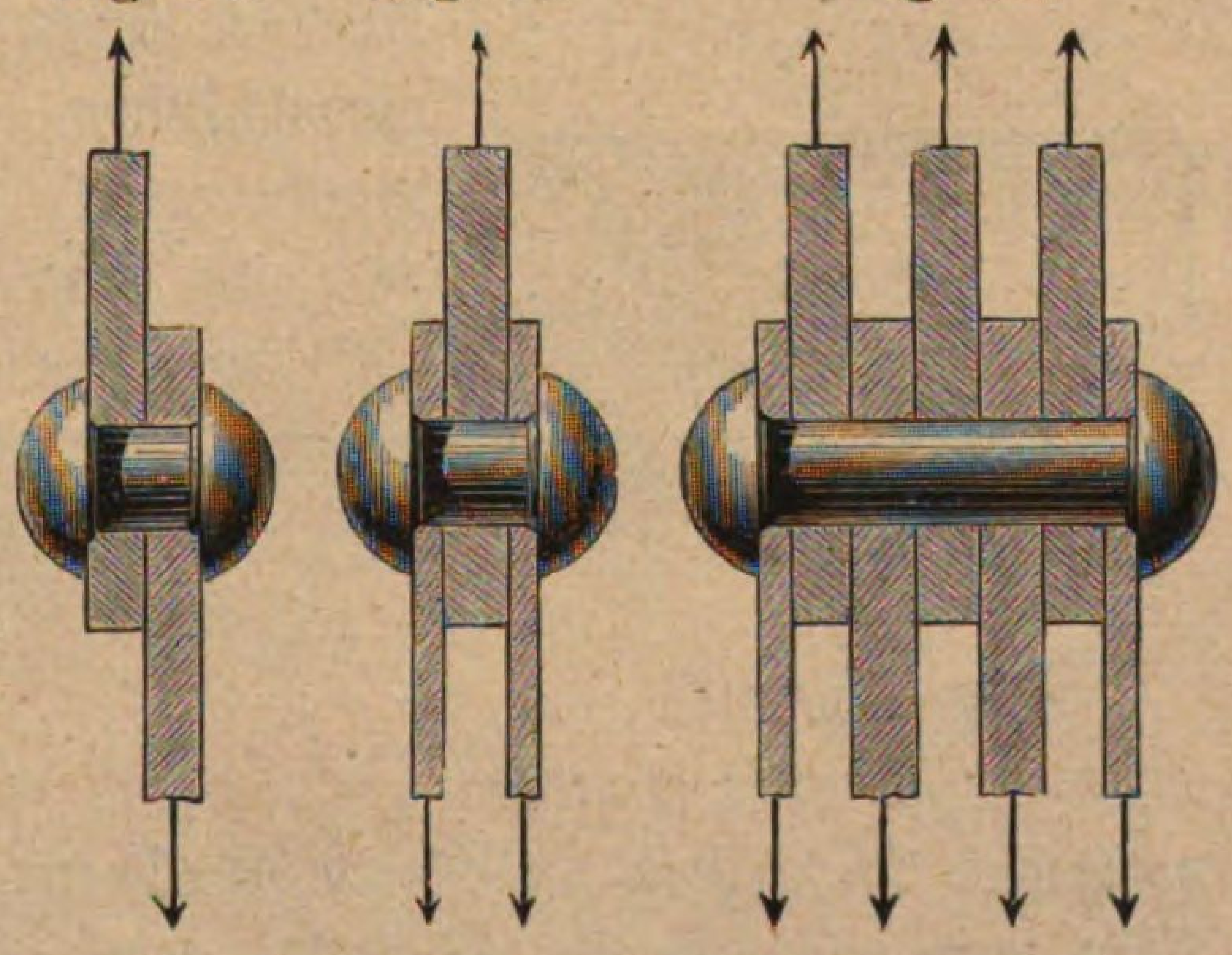
§. 47. Festigkeit der Nietverbindungen.

Indem der Nietbolzen nach dem Vernieten erkaltet, zieht er sich zusammen, d. h. er wird in seiner Längenrichtung **kürzer**, wodurch er die zu verbindenden Eisentheile, welche kalt geblieben sind, fest auf einander presst. Die Festigkeit einer Nietverbindung hängt also nicht allein von der **Abscheerungsfestigkeit** der Nietbolzen, sondern auch mit von der **Reibung** zwischen den Blechwänden ab.

Zur Ueberwindung der Reibung allein ist nach **Clarke** pro 1 □Centim. Nietquerschnitt eine Kraft von 1240 Kilogr. erforderlich und es **wächst die Reibung in der Nietverbindung proportional den Nietquerschnitten.** Da nun die Nietbolzen immer etwas kleiner sind als die Löcher, so werden sie erst dann auf Abscheerung in Anspruch genommen, wenn ein Gleiten der genieteten Bleche erfolgt, wenn also die Reibung durch Zug oder Druck überwunden ist. Die Abscheerungsfestigkeit des Schmiedeeisens ist etwa gleich $^4/_5$ der absoluten Festigkeit, daher die zulässige Beanspruchung nach Tabelle I mindestens gleich $^4/_5 \cdot 730 = 580$ Kilogr. pro □Centim.; sie liegt also noch innerhalb des Reibungswiderstandes. Bei Berechnung der Festigkeit einer Nietverbindung kann man daher ohne Bedenken die zulässigen Werthe der absoluten Festigkeit des Schmiedeeisens aus Tabelle I pro □Centim. Nietquerschnitt in Rechnung stellen und die Reibung ausser Acht lassen.

Man unterscheidet nach der Zahl der Berührungsflächen bei den durch Nietung verbundenen Blechen: **ein-, zwei-, drei-** n-**schnittige** Nietungen, indem der Nietbolzen in eben so viel Querschnitten auf Abscheerung beansprucht wird. Fig. 90 veranschaulicht eine **einschnittige**, Fig. 91 eine **zweischnittige** und Fig. 92 eine **sechsschnittige** Nietung. Die einschnittige Nietung wird besonders bei Dampfkesseln angewendet und ist dort von Wichtigkeit, bei andern Constructionen umgeht man dieselbe, wenn möglich, weil hierbei der Nietbolzen nicht nur auf Abscheerung, sondern durch die parallelen entgegen gesetzten Kräfte in den Blechen, Fig. 90, auch auf Biegung in Anspruch genommen wird, wodurch ein Abreissen des Nietkopfes erfolgen kann, was bei der zweischnittigen Nietung, Fig. 91, nicht der Fall ist, indem sich hierbei die entgegen gesetzten Kräftepaare aufheben. Das mittlere Blech, Fig. 91, erhält die **doppelte** Stärke eines der beiden äusseren Bleche.

Fig. 90. Fig. 91. Fig. 92.



Bei der einschnittigen **doppelten** Nietung, Fig. 93, fällt die Anstrengung der Niete auf Biegung geringer aus, als bei der **einfachen** einschnittigen, wo es aber ausführbar ist, wendet man auch bei **doppelter** Nietung die zweischnittige, Fig. 94, an.

Fig. 93.

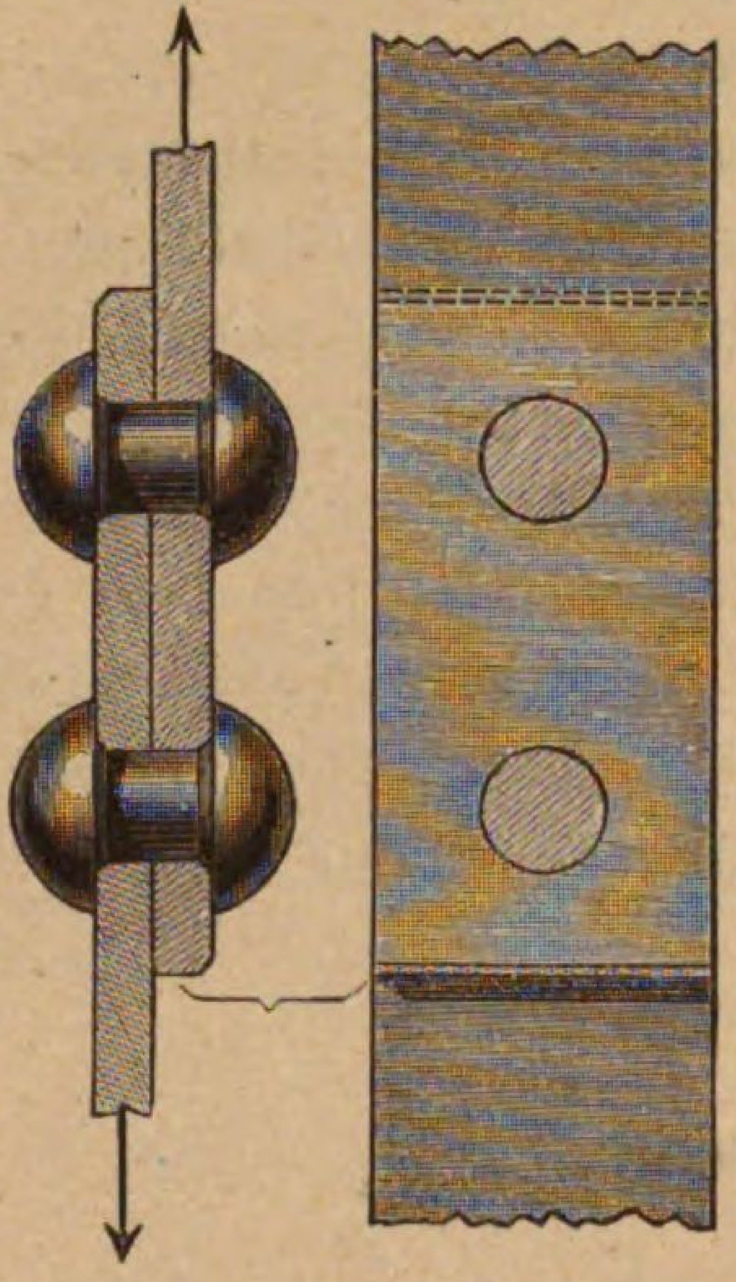


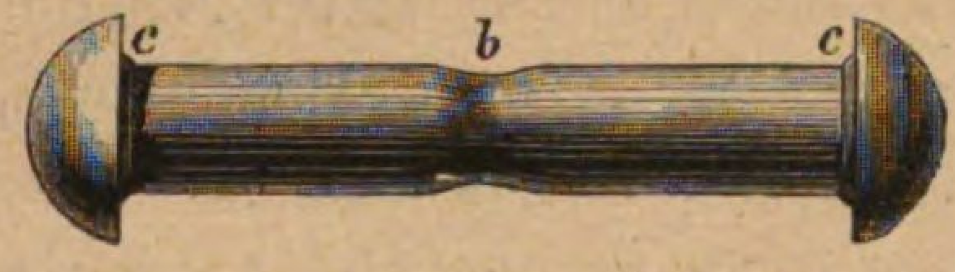
Fig. 94.



Soll die Arbeit des Nietens solide ausgeführt werden, so muss der fertig angestauchte Nietkopf noch braunglühend sein, damit der Nietschaft sich noch bis zum Erkalten zusammenziehen und die Bleche fest auf einander pressen kann. Die letzteren waren vor dem Nieten kalt, nahmen aber allmälig von dem Nietbolzen Wärme auf, wodurch sie sich ausdehnen, während der Nietbolzen sich verkürzt. Hierdurch muss eine Reckung des Nietschaftes eintreten, indem er sich um mehr als seine elastische Dehnbarkeit zusammenzieht, oder über die Elasticitätsgrenze hinaus angestrengt wird. Wegen dieser Ausreckung der Niete beim Erkalten kann man den Nietschaft nicht beliebig lang machen, denn schon bei ca. 16 Centim. Länge reissen die Niete ab, indem die Reckung an der schwächsten Stelle stattfindet, etwa wie in Fig. 95 bei *b* angedeutet ist, bis das Zerreissen eintritt.

Um den Kopf des Nietes gegen Abreissen möglichst zu sichern, ist es zweckmässig, die Löcher der zu verbindenden Eisen etwas zu versenken, wodurch der Nietkopf die in Fig. 95 gegebene Form *c* annimmt.

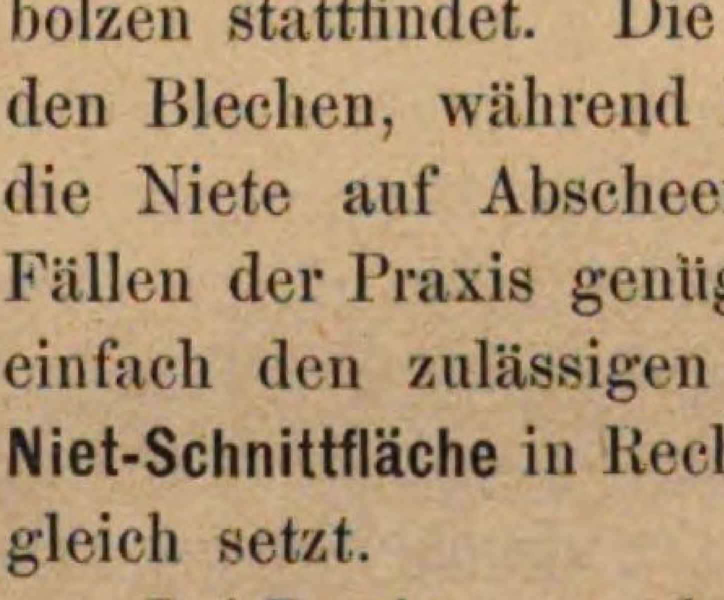
Fig. 95.



Nach dem vollständigen Erkalten werden die Bleche bei kürzeren Nieten und guter Nietung mit ca. 1400 Kilogr. pro □Centim. auf einander gepresst, indem bei dieser Spannung die Reckung der Nietbolzen stattfindet. Die Niete wirken also in diesem Falle nur durch die Reibung zwischen den Blechen, während bei weniger guter Nietung ein Gleiten der Bleche eintritt, worauf die Niete auf Abscheerung in Anspruch genommen werden. Es ist deshalb in allen Fällen der Praxis genügend, wenn man bei Berechnung der Festigkeit einer Nietverbindung einfach den zulässigen Widerstand des Schmiedeeisens gegen Abscheeren pro □Centim. **Niet-Schnittfläche** in Rechnung bringt und die Abscheerungsfestigkeit der absoluten Festigkeit gleich setzt.

Bei Bestimmung der Abmessungen einer Nietverbindung kann man sich, nach Fig. 96, die Bleche in Stäbe von gleicher Breite zerlegt denken; der Querschnitt, in dem das Nietloch liegt, ist der schwächste und diesen macht man bei **einschnittiger, einfacher** Nietung gleich dem Querschnitte des Nietbolzens. Die Stabbreite giebt dann die **Theilung** der Niete, oder die Entfernung der Nietbolzen von Mitte zu Mitte.

Fig. 96.



Der Druck, den der Nietschaft in der Leibung des Nietloches ausübt, darf nicht erheblich grösser sein, als die Anstrengung des Niet- und Blechquerschnittes. Setzt man dies voraus und bezeichnet

d die Blechstärke,

D den Nietdurchmesser,

so findet man durch einfache Rechnung ungefähr den Durchmesser des Nietes $D = 2\,d$. Wird nun der Blechquerschnitt zwischen zwei Nietlöcher **derselben Reihe** eben so stark angestrengt, wie der Querschnitt des Nietbolzens auf Abscheerung, so findet man die Theilung *a*, Fig. 96, oder die Nietentfernung von Mitte zu Mitte

$$a = (\pi + 2)\,d = 5 \text{ bis } 6\,.\,d, \text{ oder } a = 2{,}5 \text{ bis } 3\,.\,D \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (91)$$

Wenn es auf Dichtigkeit zwischen den Blechen nicht ankommt, ist es für die **Festigkeit** einer Nietverbindung oft vortheilhafter, den Nietdurchmesser *D* grösser als 2 *d*, bis 3 *d* zu nehmen und darnach die Theilung *a* wieder gleich 2,5 bis 3 *D* zu machen.

Bei mehr als zweifacher Nietung vertheilt sich der Zug nicht gleichmässig auf die Nietreihen, sondern die mittleren Niete werden weniger angestrengt, weil, wegen der ungleichen Spannung und Ausdehnung der Blechtheile, die Nietbolzen nicht in paralleler Lage bleiben können.

Nach **J. W. Schwedler***) kann man diesem Uebelstand dadurch abhelfen, dass man die Stabbreiten nach den Enden hin, dem abnehmenden Zug entsprechend verringert, und man findet leicht die zweckentsprechende Form für die Stabenden, wenn man um jeden Niet einen Strang von Eisenblech gelegt denkt, dessen Gesammtbreite der früher ermittelten Formel (91) entspricht. In Fig. 97 und 98 ist die Theilung *a* zu 2,5 *D* (enge Theilung) angenommen, wobei die Breite des um den Nietschaft gelegten Blechstranges $^3/_4$ *D* beträgt. In der Längenrichtung der Bleche ist $a = 3\ D$ (weite Theilung) gesetzt. Das volle Blech wird hier immer nur durch **ein** Nietloch geschwächt. Fig. 99 zeigt eine Stabverbindung durch vier Niete, wobei die ganze Stabbreite gleich 7 *D* zu nehmen ist. Die Niete sind so zu gruppiren, dass die Blechstränge möglichst wenig nach der Seite gekrümmt erscheinen, wodurch der Druck nach der Quere des Bleches verringert wird. Durch das Abschneiden der beiden Ecken des Stabes werden alle Niete nahezu gleichmässig beansprucht, die Stossverbindung ist also dadurch

Fig. 97.

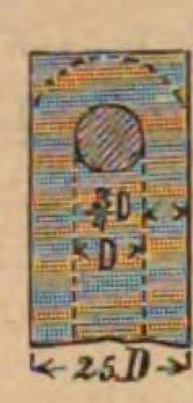


Fig. 98.

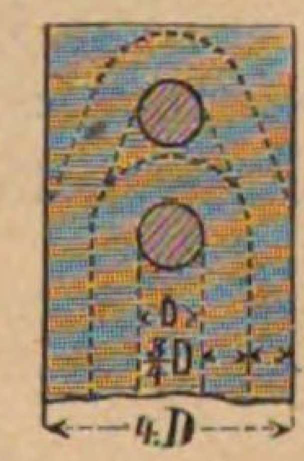


Fig. 99.

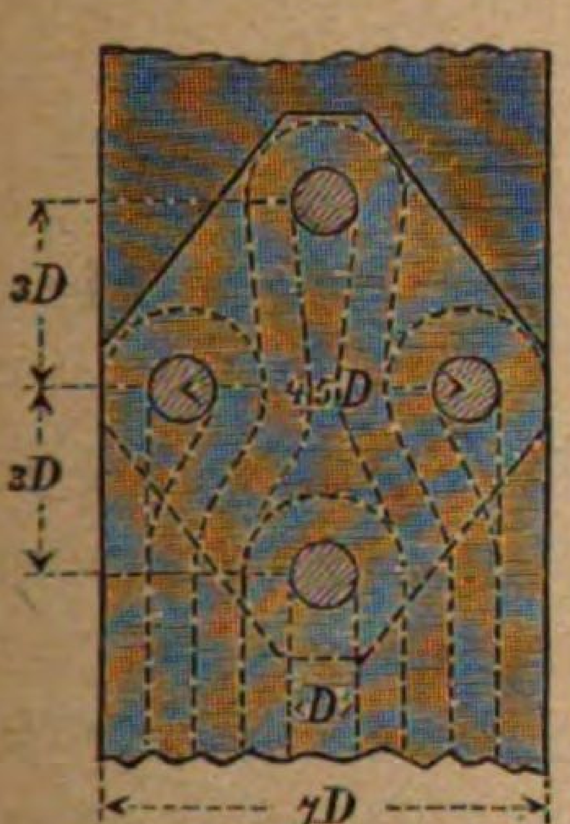


Fig. 100.

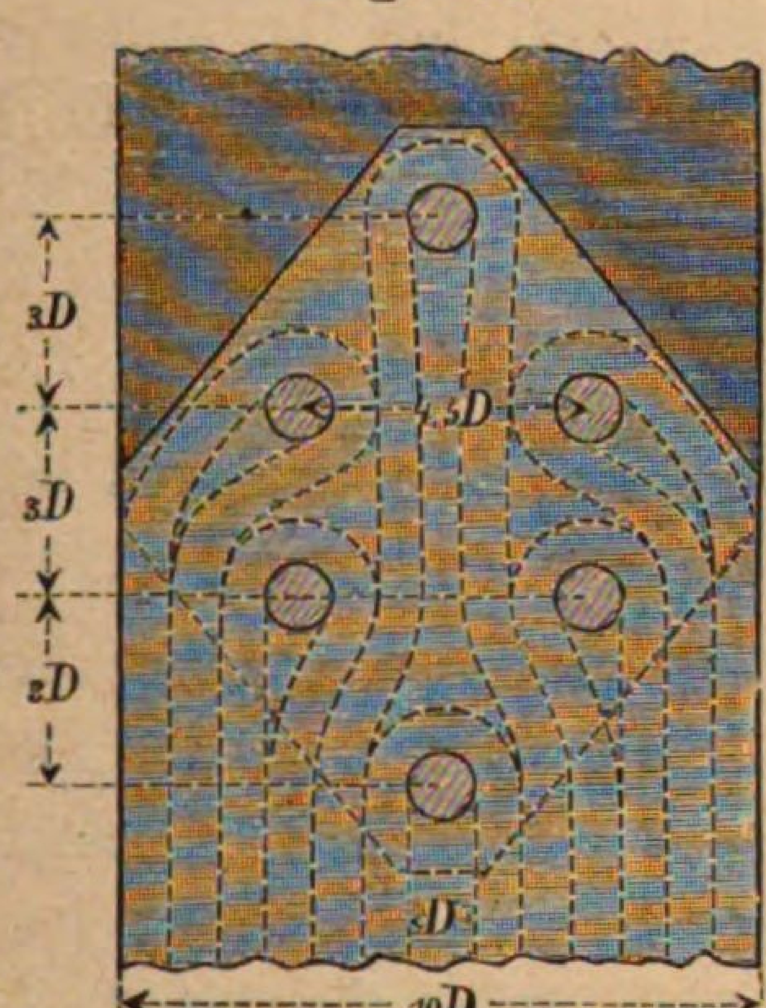
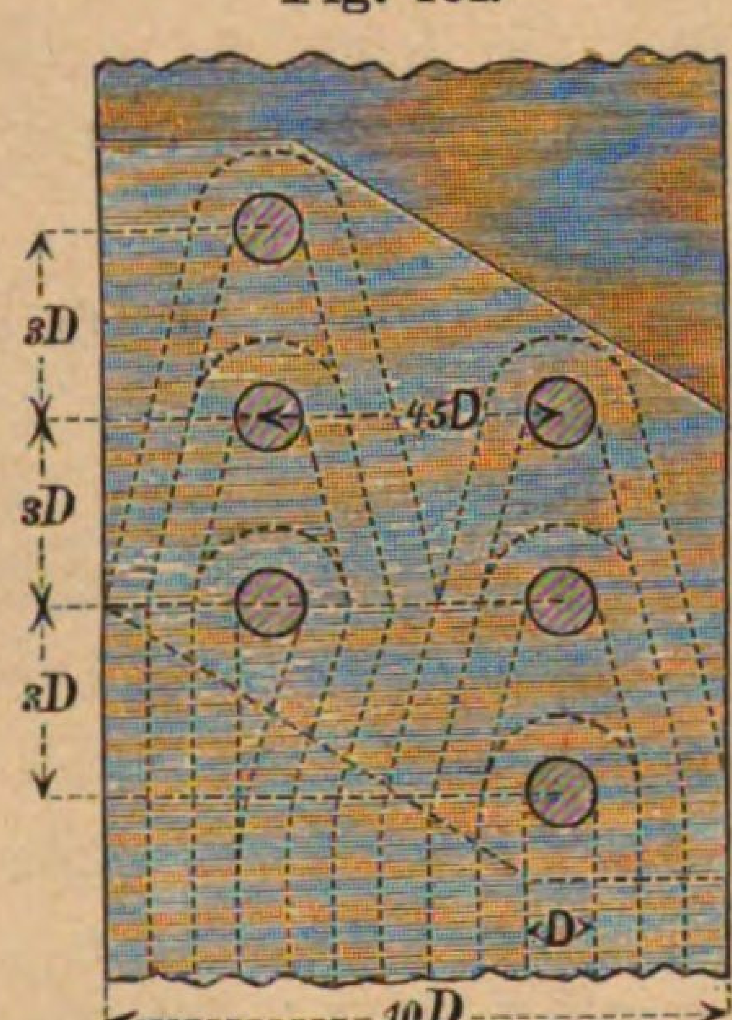


Fig. 101.



fester geworden. Die Fig. 100 und 101 deuten die Nietgruppirung bei einer Stabverbindung mit 6 Nieten an und können die Stabenden entweder nach Fig. 100 zweiseitig, oder nach Fig. 101 einseitig abgeschnitten sein. Die ganze Stabbreite ist hier gleich 10 Nietdurchmesser.

Will man zwei Bleche, die in einer und derselben Ebene liegen, durch Nietung verbinden, so geschieht dies durch **Stossplatten** oder **Laschen**, die über die Stossfuge gelegt und mit jeder der beiden Blechplatten vernietet werden. Dies kann entweder nach Fig. 102 **einschnittig** geschehen, wobei die früher besprochene Biegung der Niete in Betracht kommt, oder man kann die Vernietung zweckmässiger **zweischnittig** machen, indem man nach Fig. 103 auf jeder der beiden Seiten der zu verbindenden Bleche

Fig. 102.

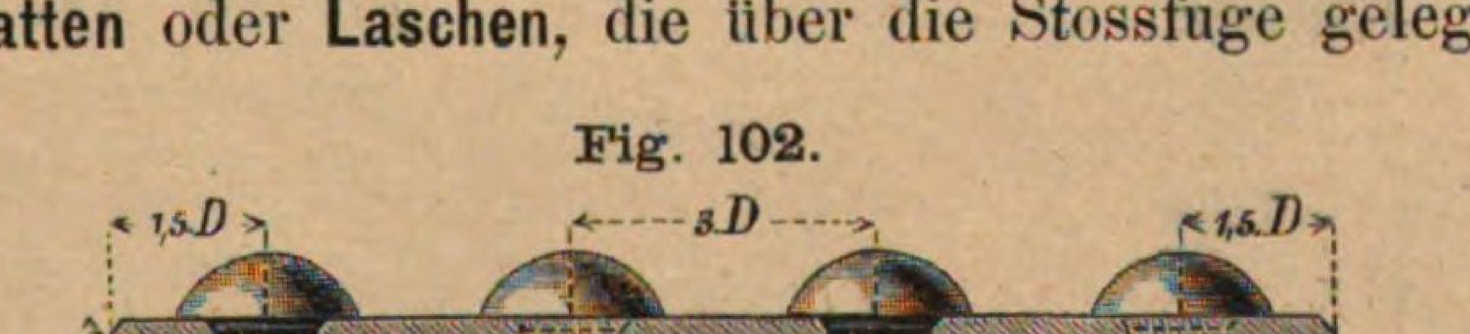


Fig. 103.

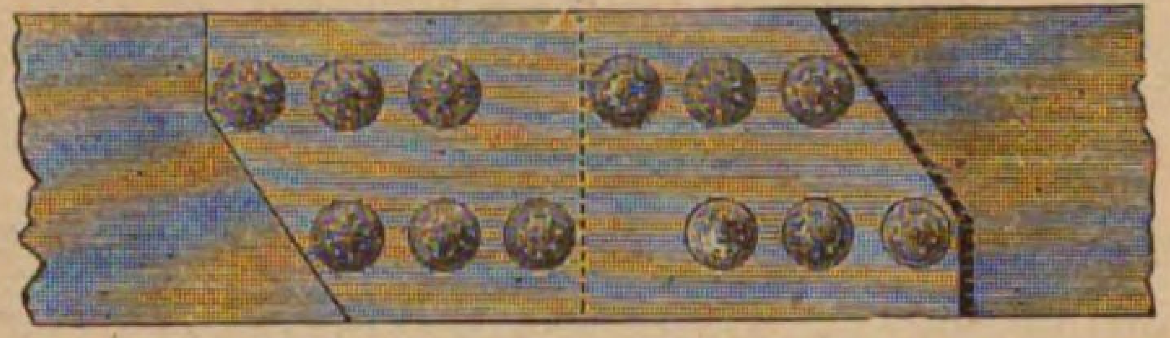


*) Vergl. Deutsche Bauzeitung 1867. No. 47 bis 49.

eine Stossplatte von etwas mehr als der halben Stärke des mittleren Bleches anbringt. Die Entfernung der Nietmitte vom Blechrande beträgt 1,5 D.

Die Ansicht einer Stossverbindung zweier Bleche in einer und derselben Ebene ist in Fig. 104 dargestellt, mit Anwendung der Nietgruppirung aus Fig. 101.

Fig. 104.



Von besonderer Bedeutung ist es, dass die Niete zu beiden Seiten der Stabmitte **symmetrisch** gruppirt werden, so **dass der Schwerpunkt sämmtlicher Niete in die Mitte des Bleches zu liegen kommt.**

Das Eisen, woraus die Niete gemacht werden, muss eine sehnige Structur haben und von der besten Beschaffenheit sein, um die gewaltsamen Formänderungen beim Nieten ertragen zu können.

Bei grösseren Eisenconstructionen wird in der Regel die absolute Festigkeit der zu verwendenden Eisensorten geprüft, damit man genau unterrichtet ist, wie hoch man die Constructionstheile beanspruchen darf.

II. Schraubenverbindungen

§. 48. Construction und Festigkeit der Schraubenbolzen.

Man unterscheidet Befestigungsschrauben mit **scharfem** Gewinde und solche mit **flachem** Gewinde; die letzteren werden gewöhnlich nur bei sehr starken Schraubenbolzen ausgeführt. Eine Befestigungsschraube mit scharfem Gewinde ist in Fig. 105 dargestellt; es bezeichnen hierbei:

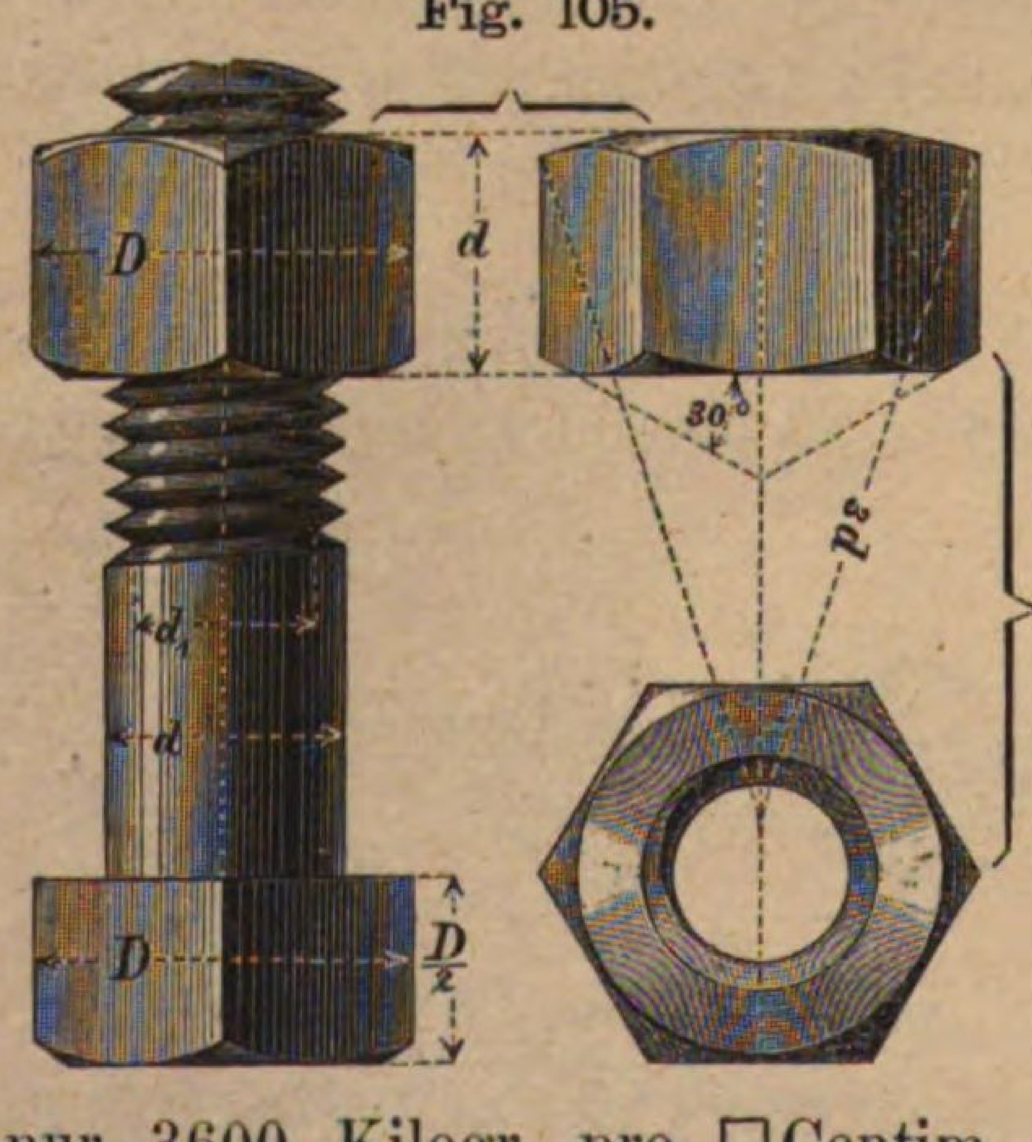
d den Bolzendurchmesser der Schraube,

d_1 den Kerndurchmesser derselben,

D den Durchmesser des Kreises, welcher dem Sechseck oder dem Quadrat der Schraubenmutter oder des Schraubenkopfes eingeschrieben ist.

Der schwächste Theil bei gut ausgeführten Schrauben ist der Kern zwischen den Gewindegängen, und, da die Schraubenbolzen meistens auf Zug beansprucht werden, so pflegt der Kern bei zu grosser Inanspruchnahme der Schraube abzureissen; bei weniger gut ausgeführten Gewinden kann es aber vorkommen, dass die Schraubengänge in der Mutter oder auf dem Bolzen abgestreift oder abgeschoben werden. Da nun aber eine gute Ausführung der Schraube vorausgesetzt werden muss, so genügt es, den Kerndurchmesser der Schraube der Belastung entsprechend zu bestimmen.

Fig. 105.



Bezeichnet man die Zugkraft, welche in der Axenrichtung der Schraube wirkt, mit P, so muss das Product aus der Querschnittfläche F des Kerndurchmessers mit der zulässigen Belastung k der Flächeneinheit, der Kraft P gleich sein; es ist also $P = k \,.\, F$. Da nun die Querschnittfläche F, auf den Kerndurchmesser d_1 bezogen, gleich $\frac{d_1^2 \,.\, \pi}{4}$ ist, so wird

$$P = k \,.\, \frac{\pi}{4} \,.\, d_1^2 = k \,.\, 0{,}7854 \,.\, d_1^2.$$

Beträgt die absolute Festigkeit des Schmiedeeisens nur 3600 Kilogr. pro □Centim., so kann man, bei 10facher Sicherheit gegen Bruch, $k = 360$ Kilogr. pro □Centim. oder $k = 3{,}6$ Kilogr. pro □Millim. setzen. Ist d_1 in Millim. ausgedrückt, so wird daher

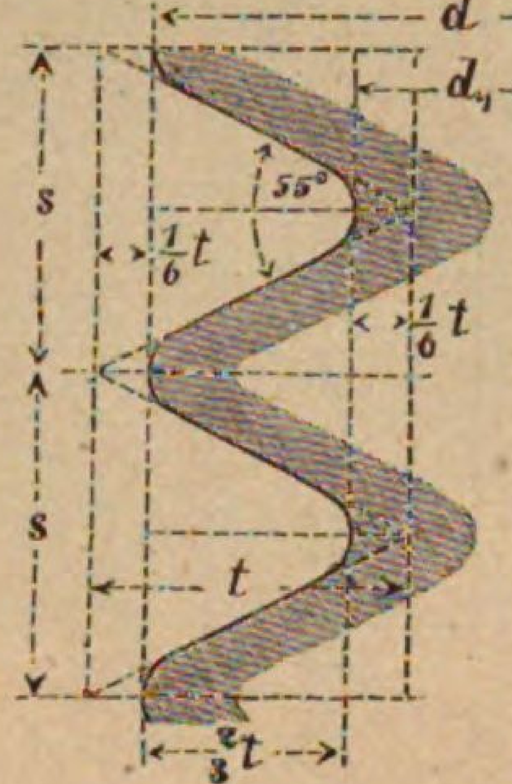
$$P = k \,.\, 0{,}7854 \,.\, d_1^2 = 3{,}6 \,.\, 0{,}7854\, d_1^2 = 2{,}8274\, d_1^2, \text{ oder abgerundet } P = 2{,}8\, d_1^2 \quad (92)$$

Diese Formel auf d_1 reducirt, ergiebt:

$$d_1^2 = \frac{P}{2,8}; \text{ oder } d_1 = \sqrt{\frac{P}{2,8}} = \frac{1}{1,68} \sqrt{P} = 0,6 \sqrt{P} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (93)$$

Die Schrauben werden jetzt fast allgemein nach dem von **Whitworth** vorgeschlagenen System ausgeführt. Nach Fig. 106 bestehen die Schraubengänge aus aneinander gereihten gleichschenkligen Dreiecken, die einen Spitzenwinkel von 55° haben, so dass die Tiefe $t = 0,96\, s$ ist, wenn s die **Steigung** oder Ganghöhe des Gewindes bezeichnet. Da aber die Gänge aussen und innen um $^1/_6\, t$ abgerundet sind, so ist die eigentliche Gangtiefe nur:

Fig. 106.



$$^2/_3\, t = 0,64\, s,$$

und für die Steigung (in Millim.) ist nach **Reuleaux** zu nehmen:

$$s = 1 + 0,08\, d \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (94)$$

$$d = 1,5 + 1,11\, d_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (95)$$

Die Schraubenmuttern werden gewöhnlich sechsseitig gemacht und erhält der dem Sechseck eingeschriebene Kreis den Durchmesser

$$D = 5 + 1,4\, d \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (96)$$

Die Höhe der Mutter ist gleich dem Bolzendurchmesser d zu machen, dagegen kann die Höhe des Schraubenkopfes $\frac{D}{2}$ sein; an ihrer unteren Fläche werden die Kanten der Mutter unter einem Winkel von 30° abgeschrägt, während die obere Fläche kugelförmig abgerundet wird, und zwar ist der Radius der Kugel etwa gleich $3\, d$ zu nehmen.

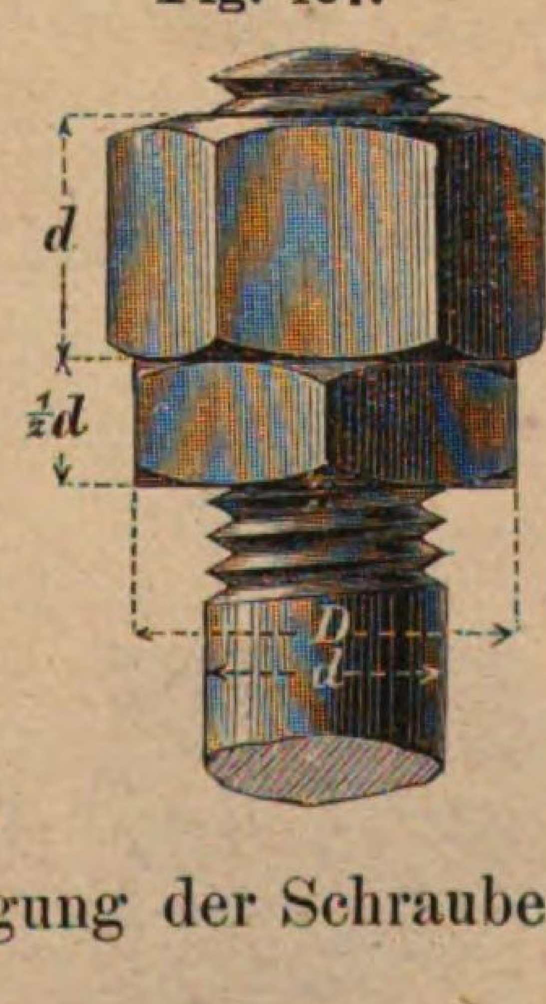
Die folgende Tabelle enthält die Whitworth'sche Schraubenskala bis zu einem Bolzendurchmesser von 3 Zoll engl.; sie ist dem Metermaass möglichst angepasst und ist die Last P, welche die Schraube mit Sicherheit zu tragen vermag, nach Formel (92) bestimmt. Die Formel (93) kann unter Umständen einen zu kleinen Werth für d_1 ergeben, namentlich dann, wenn die Schrauben schlecht ausgeführt oder nicht eingeölt werden, oder wenn auf anderer Art eine so grosse Reibung zwischen Mutter und Schraube auftritt, dass dadurch die Schraube **abgewürgt** wird. Bei guter Ausführung ist eine 10fache Sicherheit gegen das Abreissen der Schrauben ausreichend.

In der Tabelle bezeichnet noch D_1 den Durchmesser des dem Sechseck der Schraubenmutter umschriebenen Kreises.

Damit die Reibung der Schraubenmuttern auf ihrer Unterlage möglichst gering wird, erhalten sie in der Regel aus Blech gestanzte und abgedrehte Unterlagscheiben vom Durchmesser $= 1,3\, D$ und einer Stärke $= 0,15\, d$.

Wenn die Schrauben Erschütterungen auszuhalten haben, so kommt es leicht vor, dass die Mutter sich losrüttelt und wird in diesem Falle durch eine zweite Mutter, die sog. Contremutter, die Reibung in dem Gewinde vergrössert und dadurch der Rückgang der Mutter verhindert.

Fig. 107.



In Fig. 107 ist eine Mutter von $^1/_2\, d$ Höhe (Contremutter) zuerst auf den Bolzen geschraubt und folgt hierauf die eigentliche Mutter, welche den Druck auf die Unterlage auszuüben hat. Indem die zweite Mutter fest auf die untere geschraubt wird, entlastet sie diese, wobei eine Spannung im Gewinde entsteht, indem die Muttern an ihrer Berührungsstelle das Bestreben haben, den Bolzen zu zerreissen. Durch diese vergrösserte Reibung im Gewinde ist das Losrütteln der Mutter sehr erschwert*).

Befestigungsschrauben mit flachem Gewinde erhalten nach Fig. 108 Gewindequerschnitte von quadratischer Form und es ist, wenn S die Steigung der Schraube

*) Vergl. Uhland's Maschinen-Constructeur 1869. S. 324.

Tabelle VI.

Bolzen-durchm. $d =$ Millim.	Kern-durchm. $d_1 =$ Millim.	Anzahl der Gänge auf 10 Millim. Bolzenlänge	Mutter: eingeschriebener Kreis $D =$	Mutter: umschriebener Kreis $D_1 =$	Kopfhöhe Millim.	Last $P =$ Kilogr.	Whitworth: Bolzen-durchm. $d =$ Zoll engl.	Whitworth: Zahl der Gänge auf 1 Zoll engl.	Whitworth: Zahl der Gänge auf einer Länge $= d$
6	4,1	7	13	15	7	37	$^1/_4$	20	5
8	5,9	6	16	18	8	97	$^5/_{16}$	18	$5^5/_8$
10	7,7	$5^1/_2$	19	22	10	166	$^3/_8$	16	6
12	9,5	5	22	25	11	253	$^1/_2$	12	6
15	12,2	$4^1/_2$	26	30	13	417	$^5/_8$	11	$6^7/_8$
18	14,9	4	30	35	15	622	$^3/_4$	10	$7^1/_2$
21	17,6	$3^3/_4$	34	40	17	867	$^7/_8$	9	$7^7/_8$
24	20,3	3	39	45	20	1154	1	8	8
27	23,0	3	43	50	22	1531	$1^1/_8$	7	$7^7/_8$
30	25,7	$2^1/_2$	47	55	24	1849	$1^1/_4$	7	$8^3/_4$
34	29,3	$2^1/_2$	53	61	27	2404	$1^3/_8$	6	$8^1/_4$
38	32,9	$2^1/_2$	58	67	29	3031	$1^1/_2$	6	9
42	36,5	$2^1/_8$	64	74	32	3730	$1^5/_8$	5	$8^1/_8$
46	40,1	$2^1/_8$	69	80	35	4502	$1^3/_4$	5	$8^3/_4$
50	43,1	$1^7/_8$	75	87	38	5041	$1^7/_8$	$4^1/_2$	$8^7/_{16}$
55	48,2	$1^7/_8$	82	95	41	6505	2	$4^1/_2$	9
60	52,7	$1^5/_8$	89	103	45	7776	$2^1/_4$	4	9
65	57,2	$1^5/_8$	96	111	48	9161	$2^1/_2$	4	10
70	61,7	$1^3/_8$	103	119	52	10659	$2^3/_4$	$3^1/_2$	$9^5/_8$
75	66,2	$1^3/_8$	110	127	55	12280	3	$3^1/_2$	$10^1/_2$

bezeichnet, sowohl die Gangtiefe wie die Gangbreite $= ^1/_2\, S$, wobei nach **Reuleaux** zu nehmen ist:

Fig. 108.

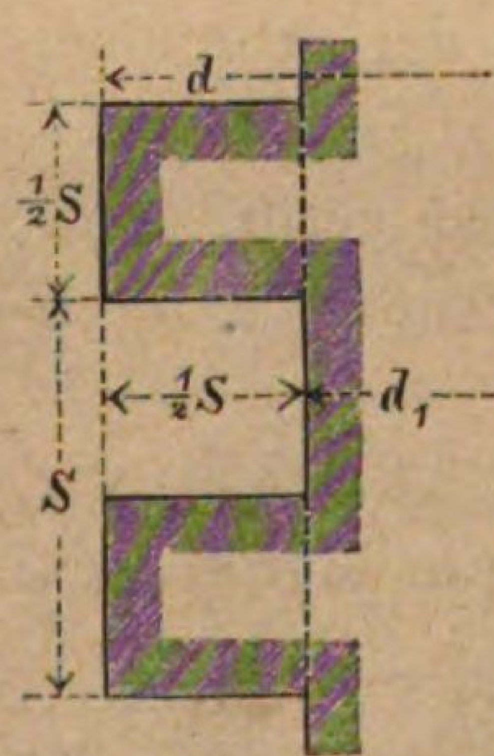
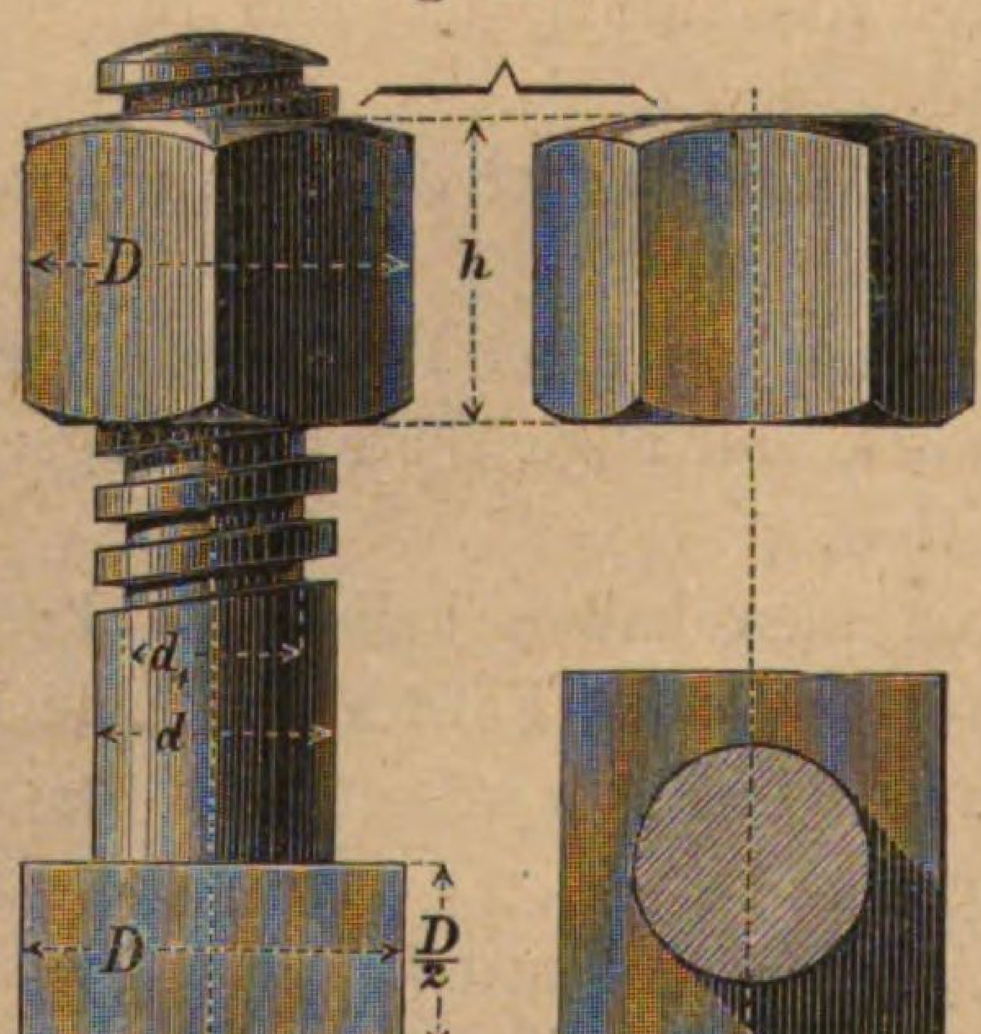


Fig. 109.



$$S = 2 + 0{,}09\, d \quad . \quad . \quad (97)$$

Hieraus ergiebt sich der Kerndurchmesser

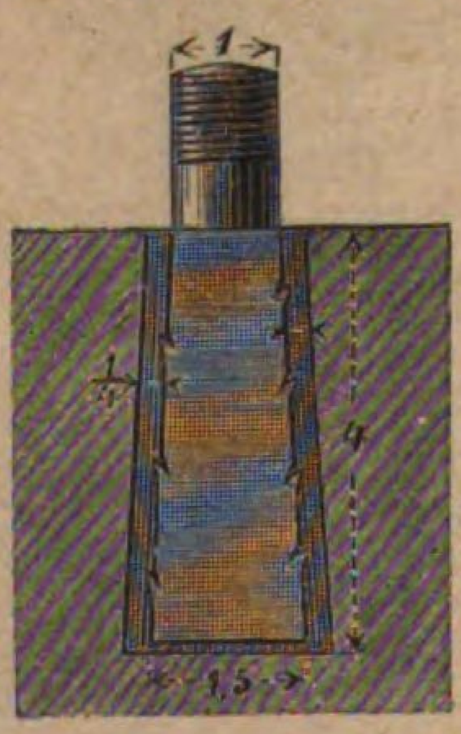
$$d_1 = 0{,}91\, d - 2 \quad . \quad . \quad (98)$$

und der Bolzendurchmesser

$$d = 2{,}2 + 1{,}1\, d_1 \quad . \quad (99)$$

In Fig. 109 ist eine Befestigungsschraube mit flachem Gewinde gezeichnet und ist hier D nach Formel (96) zu bestimmen; die Mutterhöhe h soll aber zweckmässig so gross sein, dass sie 12 Gewindegänge enthält, sie muss also 12 mal so hoch sein, als Formel (97) ergiebt, das ist:

Fig. 110.



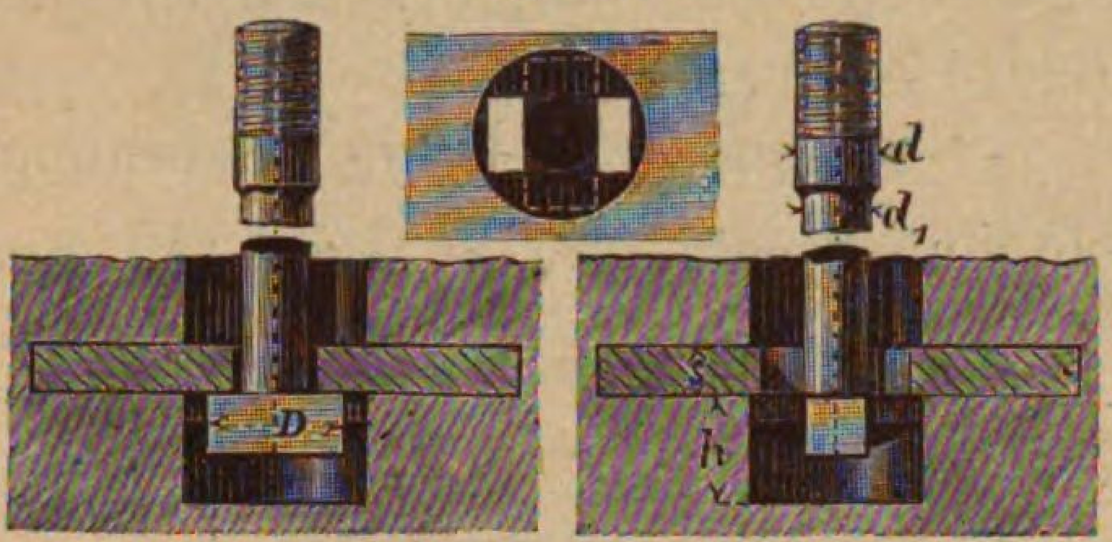
$$h = 24 + 1{,}08\, d \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (100)$$

Ankerschrauben, welche in Quadersteinen mit Cement oder Blei festgegossen werden, können die Abmessungen nach Fig. 110 erhalten, wobei der Schraubendurchmesser als Einheit gesetzt ist. Der entsprechende Bolzendurchmesser ist daher mit den eingeschriebenen Verhältnisszahlen zu multipliciren.

Da, wo gewisse Constructionstheile durch lange Fundamentanker mit dem Mauerwerke zu verbinden sind, ist die in Fig. 111 angegebene

Methode sehr zweckmässig. Hierbei werden gusseiserne Grundplatten in dem Mauerkörper eingemauert und das Schraubenloch wird in entsprechender Weite bis zur Oberfläche der Mauer ausgespart. Die Oeffnung in der Grundplatte und der Ankerkopf sind länglich gemacht, so dass man den Anker in die Grundplatte einsenken kann. Wird derselbe nun um 90° gedreht und etwas in die Höhe gezogen, so gleitet er zwischen die Ansätze, die nach unten ein wenig erweitert sind und die den Kopf gegen Drehung festhalten, damit er sich nun unter die Grundplatte legen muss. Man ist durch diese Anordnung im Stande, den Anker jederzeit herausheben zu können.

Fig. 111.



Die Breite des Ankerkopfes kann $= 2,2\ d_1$, die Höhe desselben $= 0,8\ d_1$ sein und ist die Oeffnung in der Grundplatte, welche den Schraubenkopf durchlassen muss, nach beiden Dimensionen um einige Millim. grösser zu nehmen als der Schraubenkopf. Für die Dicke der Grundplatte kann man ebenfalls $0,8\ d_1$ setzen und ist die Höhe des Bolzenloches unter der Grundplatte $h = 2\ d_1$ und die Höhe der Ansätze, welche das Drehen des Ankerkopfes verhindern, $= 0,5\ d_1$ zu nehmen.

Zur Verankerung von Gewölben etc. sind oft an den äusseren Mauern gusseiserne Ankerplatten anzubringen. Diese werden zweckmässig, wenn man sie nach Fig. 112 oder 113 ausführt. Die eingeschriebenen Verhältnisszahlen sind auf den Schraubendurchmesser d bezogen und da dieser gleich der Einheit gesetzt ist, so muss man d mit den einzelnen Zahlen multipliciren, um die entsprechenden Abmessungen zu erhalten. Die Eisenstärke der Platte kann 0,6 bis $0,8\ d$, die Höhe der Nabe $2\ d$ sein etc.

Fig. 112.

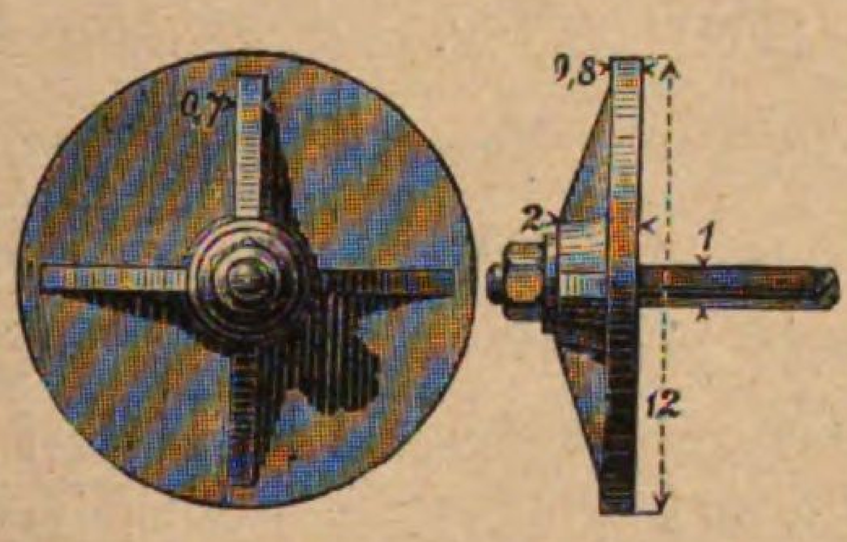
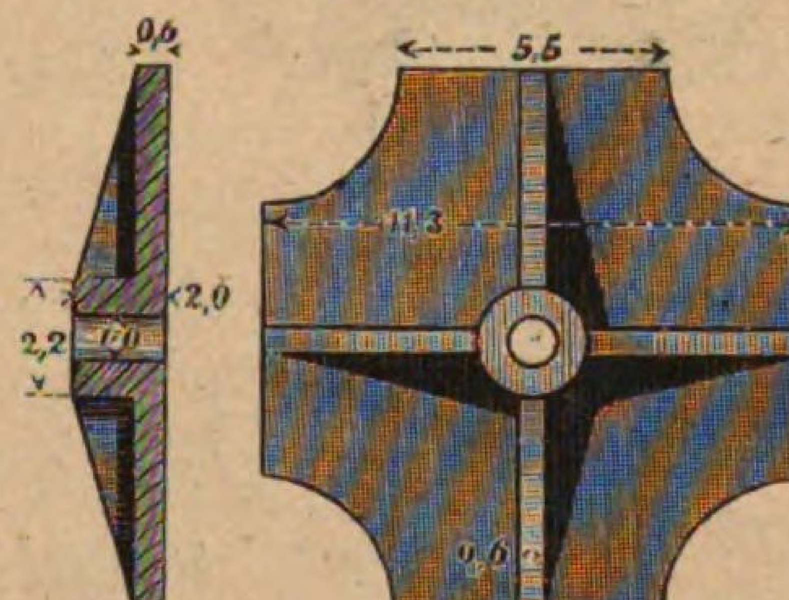


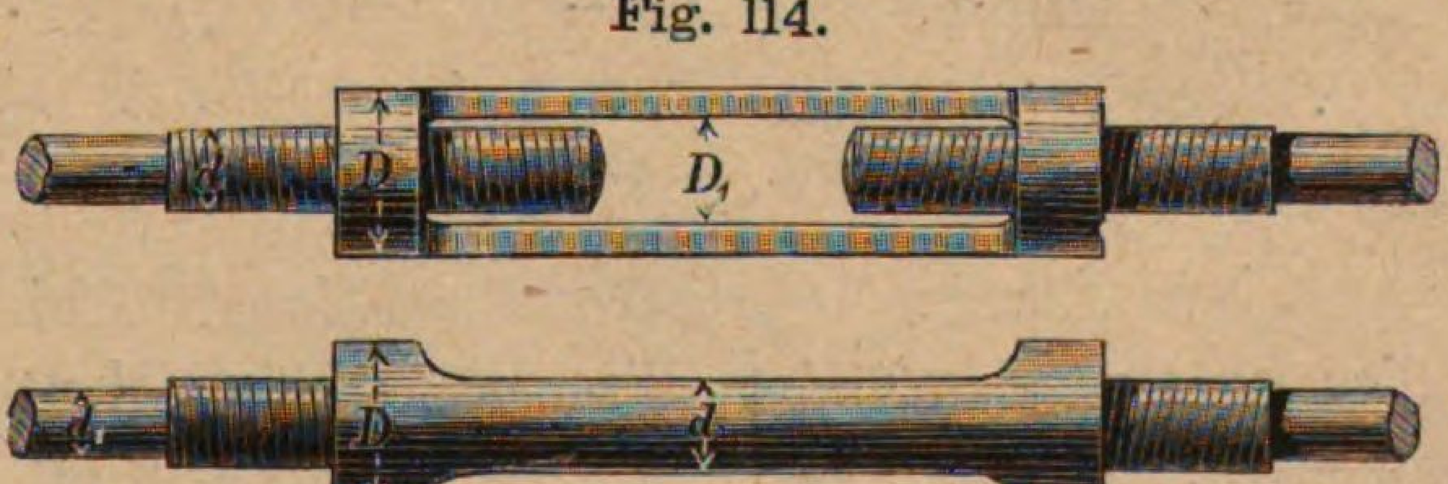
Fig. 113.



In manchen Fällen, besonders bei Dachconstructionen, ist es erforderlich, dass man die Zugstangen verkürzen oder verlängern kann, und da solche Zugstangen meistens an ihren Enden Charniere haben, so muss die Längenänderung der Stange in ihrer Mitte bewirkt werden. Zu diesem Zwecke wird die Zugstange in zwei Theilen ausgeführt, wobei die beiden Enden, da wo die Stange in der Mitte zusammenstösst, mit Gewinde versehen sind, von denen das eine **rechts**, das andere **links** ansteigt. Diese beiden Gewinde werden durch eine Schraubenkuppelung mit einander verbunden.

Fig. 114 zeigt eine solche Kuppelung aus Schmiedeeisen, die leicht auszuführen und dabei sehr zweckmässig ist. Will man die verbundene Zugstange verlängern oder verkürzen, so steckt man einen Eisenstab durch den Schlitz und dreht damit die Mutter um, wobei je nach der Drehungsrichtung die beiden Stangenenden, durch die entgegengesetzt ansteigenden Gewinde, sich von einander entfernen oder sich nähern.

Fig. 114.



Der Festigkeit entsprechende Abmessungen erhält man für diese Kuppelung, wenn man von dem Schraubendurchmesser d (in Millim.) ausgeht und nimmt:

$$\left.\begin{array}{l} D = 4 + 1,75\ d \\ D_1 = 2 + 1,05\ d \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (101)$$

Der Stangendurchmesser d_1 kann aus Sparsamkeitsrücksichten schwächer sein als der Kerndurchmesser der entsprechenden Schraube, indem der Querschnitt der Stange

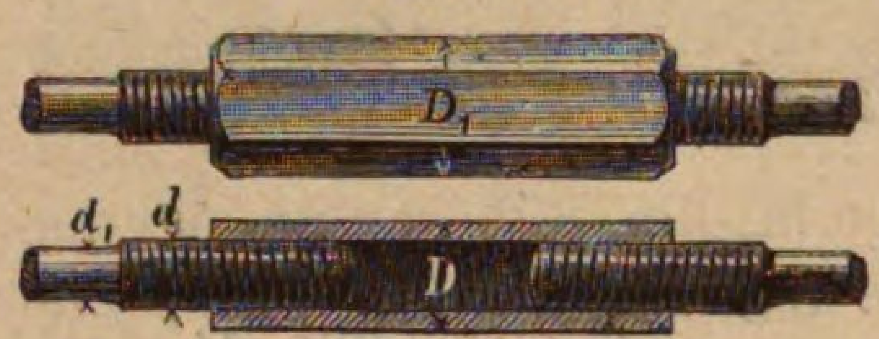
mindestens mit 7 Kilogr. pro □Millim. belastet werden darf. Die Formeln (92) und (93) gehen dann über in:

$$\left.\begin{array}{l} P = 5{,}5\ d_1^2 \\ d_1 = 0{,}42\ \sqrt{P} \end{array}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (102)$$

oder man kann den nach Formel (93) berechneten, resp. aus Tabelle VI entnommenen, Kerndurchmesser mit 0,7 multipliciren, um den Durchmesser d_1 des Ankers in Fig. 114 und 115 zu erhalten.

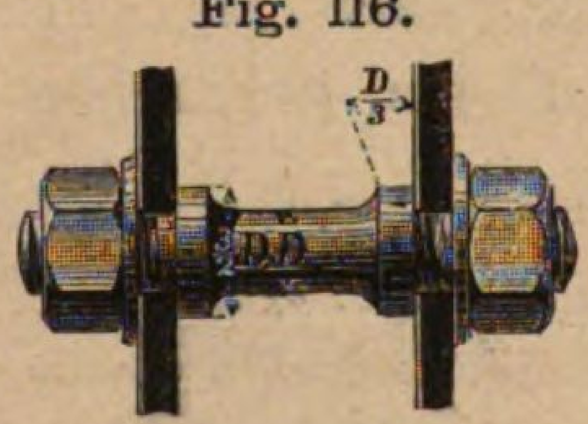
Eine andere derartige Schraubenkuppelung, die sich namentlich für schwächere Zugstangen eignet, ist in Fig. 115 gegeben. Die beide Schraubenenden verbindende Hülse besteht aus sechseckigem gewalzten Muttereisen, welches durchbohrt und je bis zur Mitte mit rechtem und linkem Gewinde versehen ist. Die Dimensionen d, D und D_1 sind aus Tabelle VI zu entnehmen, oder nach den betreffenden Formeln zu berechnen.

Fig. 115.



Zur Verbindung zweier von einander entfernt zu haltender Constructionstheile, Bleche, Winkeleisen etc., verwendet man Stehbolzen nach Fig. 116, wobei D je nach der Länge des Zwischenraumes zwischen den Constructionstheilen gleich dem Durchmesser des Schraubenbolzens oder etwas grösser zu nehmen ist. Der Bunddurchmesser kann $= 1{,}5\ D$ und die Bundhöhe $= {}^1/_3\ D$ sein.

Fig. 116.



1. Beispiel. *Für eine Schraube mit scharfem Gewinde, die einen Zug von* 1800 *Kilogr. auszuhalten hat, findet man nach Tabelle VI* $d = 30$ *Millim.*, $d_1 = 25{,}7$ *Millim.*, $s = \frac{10}{2{,}5} = 4$ *Millim.; die Mutter erhält einen Durchmesser* $D = 47$ *Millim., resp.* $D_1 = 55$ *Millim. und eine Höhe* $d = 30$ *Millim.; der Schraubenkopf wird* 24 *Millim. hoch.*

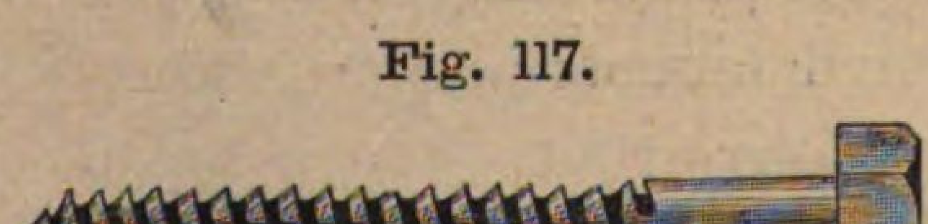
2. Beispiel. *Eine Schraube mit flachem Gewinde sei mit* 6400 *Kilogr. gespannt. Ihr Kerndurchmesser ist nach Formel* (93) $d_1 = 0{,}6\ \sqrt{6400} = 48$ *Millim. und der Bolzendurchmesser nach Formel* (99) $d = 2{,}2 + 1{,}1 \cdot 48 = 55$ *Millim.; die Steigung nach Formel* (97) $S = 2 + 0{,}09 \cdot 55 = 6{,}95$ *oder abgerundet* $= 7$ *Millim. Nach Formel* (96) *findet man den Durchmesser der Mutter* $D = 5 + 1{,}4 \cdot 55 = 82$ *Millim., und da in der Mutter* 12 *Gänge vorhanden sein sollen, so ist* $h = 12 \cdot 7 = 84$ *Millim.*

3. Beispiel. *In einer Zugstange herrscht die Spannung von* 10000 *Kilogr., sie soll aus zwei Theilen bestehen und in der Mitte durch eine Schraubenkuppelung verbunden sein.*

Der Schraubendurchmesser ist (*nach Tabelle VI*) $d = 70$ *Millim., der Kerndurchmesser* $d_1 = 61{,}7$ *Millim.; für die Zugstange würde aber ein Durchmesser von* $0{,}7 \cdot 61{,}7 = 43$ *Millim. genügen. Für die Kuppelung Fig.* 114 *hat man nach Formel* (101) $D = 4 + 1{,}75 \cdot 70 = 126$ *Millim. und für* $D_1 = 2 + 1{,}05 \cdot 70 = 75$ *Millim. Dagegen ist für Fig.* 115 (*nach Tabelle VI*) $D = 103$ *Millim. und* $D_1 = 119$ *Millim.; bei der unbearbeiteten Mutterhülse würde* D *etwa* 5 *Millim. grösser zu nehmen sein, wodurch* $D = 103 + 5 = 108$ *Millim. wird; dem entsprechend ändert sich auch* D_1.

Sind eiserne Gegenstände an Constructionstheilen aus Holz zu befestigen, so kann dies entweder mittelst durchgezogener Schraubenbolzen oder mittelst Holzschrauben geschehen. Die letzteren finden ihre Mutter im Holze selbst; sie werden in eigenen Fabriken hergestellt und kommen in den verschiedensten Gattungen in den Handel. Die Köpfe der Holzschrauben sind entweder versenkt, oder sie haben viereckige oder sechseckige Köpfe und ist die letztere Art in Fig. 117 dargestellt. Nach Versuchen von **Bevan** hat man, wenn:

Fig. 117.



P die zum Ausreissen einer Holzschraube erforderliche Kraft in Kilogr.,
d den äussern Durchmesser der Schraube in Millim.,

l die Länge des eingeschraubten Theiles in Millim.,
s die Steigung und
t die Tiefe des Gewindes bezeichnet:

$$\left.\begin{array}{ll}\text{für hartes Holz} & P = 5{,}5 \,.\, d \,.\, l \,.\, t \\ \text{- weiches -} & P = 2{,}8 \,.\, d \,.\, l \,.\, t\end{array}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (103)$$

Doch darf man die Holzschrauben dauernd nicht stärker als mit $^1/_{10}\, P$ belasten. Die Tiefe des Gewindes ist in der Regel

$$t = 0{,}5 \text{ bis } 0{,}75 \,.\, s.$$

§. 49. Ausführung der Schraubenbolzen und Muttern.

Die Schraubenspindeln und Schraubenmuttern werden bei grösseren Dimensionen auf der Drehbank geschnitten, wobei ein gehärteter Stahl, der an seinem äussersten Ende einen Schneidezahn von der Querschnittform des herauszuschneidenden Gewindes hat, in den Support der Drehbank gespannt wird. Der Support steht mit einer Leitspindel und diese wieder mittelst Räder mit der zu schneidenden Spindel in Verbindung, so dass je nach der Steigung der Schraube ein entsprechendes Verhältniss zwischen den Umdrehungen der Leitspindel und der Schraubenspindel stattfindet. Indem nun die Drehbank die zu schneidende Schraubenspindel oder Mutter umdreht, bewegt die sich ebenfalls drehende Leitspindel den Support in gerader Linie vorwärts, wobei der Schneidezahn des Drehstahls in das Eisen der Schraubenspindel einschneidet und so nach und nach das Gewinde bildet. Hat z. B. die Leitspindel auf 10 Millim. ihrer Länge **einen** Gang und die zu schneidende Schraube soll auf derselben Länge **drei** Gänge haben, so muss das Uebersetzungsverhältniss der Räder so genommen werden, dass die Schraube **drei** Umdrehungen gemacht hat, während die Leitspindel **eine** Umdrehung machte. Man ist also im Stande, auf der Drehbank jede beliebige Schraube und Mutter mit beliebiger Steigung herzustellen.

Schrauben bis ca. 5 Centim. Durchmesser und die dazu gehörigen Muttern werden indessen in der Regel nicht auf der Drehbank, sondern mittelst **Schneide-** oder **Schraubenkluppen** und **Gewindebohrer**, entweder mit der Hand oder auf Schraubenschneidemaschinen, angefertigt.

Die Schneidekluppen sind meistens mit zwei Armen zum Drehen versehen und haben in ihrer Mitte oft eine schwalbenschwanzförmige (siehe Fig. 128), oft aber auch eine rechteckige nach einer Seite verjüngte Oeffnung, in der die zwei- oder dreitheiligen **Schneidebacken**, welche aus Gussstahl bestehen und das Muttergewinde enthalten, eingesetzt und durch eine darübergeschraubte Platte darin festgehalten werden, doch so, dass sie sich durch eine Stellschraube zusammenschieben lassen. Die Gewinde der Schneidebacken sind so abgeschrägt, dass jeder Gewindezahn eine scharfe Schneide bildet und indem nun die Kluppe über die zu schneidende Schraube gebracht und die Stellschraube angespannt wird, schneiden sich die Gewinde bei der Umdrehung der Kluppe in den Bolzen ein. Der Schraubenbolzen wird beim Gewindeschneiden eingeölt und durch wiederholtes Auf- und Niederdrehen der Kluppe auf dem Bolzen und Nachspannen der Stellschraube erlangen die Schraubengänge die entsprechende Tiefe.

Zum Schneiden der Schraubenmuttern gebraucht man **Gewindebohrer.** Dies sind stählerne Schraubenspindeln, über deren ganze Länge Hohlkehlen eingefeilt sind, wodurch das Gewinde Schneidekanten erhält. Die Bohrer bestehen aus Vor- und Nachschneider, von denen die ersteren unten dadurch zugespitzt sind, dass das Gewinde theilweise weg gedreht ist, so dass der Bohrer mit seiner Spitze schon in die ungeschnittene Mutter hineingesteckt werden kann; der Nachschneider dagegen ist cylindrisch und wird derselbe erst dann durch die Mutter hindurchgedreht, wenn der Vorschneider in dem oberen Theil derselben bereits reines Gewinde erzeugt hat. An ihrem oberen Ende haben die Gewindebohrer einen viereckigen Kopf, der in entsprechende Löcher des **Windeeisens**, eines zweiarmigen Hebels zum Umdrehen des Bohrers, passt.

Wenn die Schneidebacken der Schraubenkluppe stumpf geworden sind, so werden sie ausgeglüht und mit einem eigenen sehr genauen Gewindebohrer, dem sogenannten **Original-** oder **Normalbohrer**, nachgeschnitten und dann wieder gehärtet; doch kann man mit einem Satz Schneidebacken eine grosse Anzahl Schrauben erzeugen, bevor ein solches Nachschneiden der Backen erforderlich ist.

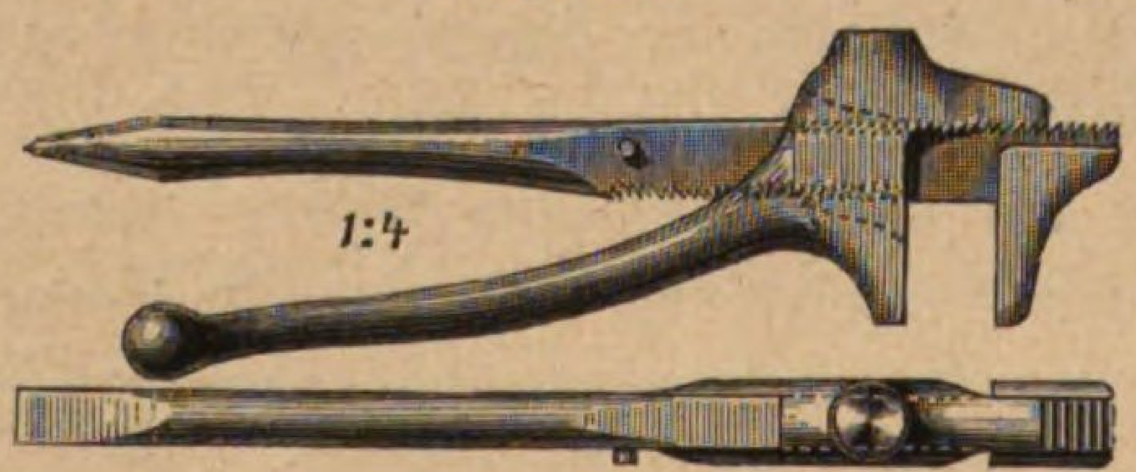
Bei den Schraubenschneidemaschinen wird die Arbeit des Schraubenschneidens in derselben Weise ausgeführt wie vorstehend beschrieben ist, nur wird die Umdrehung des Schraubenbolzens und des Gewindebohrers durch Maschinenkraft bewirkt.

Die Muttern werden gewöhnlich aus Flacheisen im warmen Zustande gelocht, abgehauen und dann in gusseisernen sechseckigen Gesenken fertig geschmiedet. In neuerer Zeit bedient man sich aber zu ihrer Herstellung besonderer Maschinen, wobei die Mutter aus sechsseitigem gewalzten Stabeisen gleichzeitig gebohrt und abgeschnitten wird; diese Muttern sind natürlich viel gleichmässiger und genauer als die geschmiedeten.

Die Schraubenschlüssel, welche zum Anziehen der sechseckigen oder viereckigen Schraubenmuttern dienen, bestehen entweder aus Flacheisen mit einem offenen Maul für je ein Muttercaliber passend, oder sie haben einen festen und einen verschiebbaren Backen, wodurch sie für mehrere Muttercaliber passend gemacht werden können. Solche Schlüssel nennt man **Universalschraubenschlüssel** und von dieser Art existiren sehr verschiedene Formen, die mehr oder weniger zweckmässig sind, und von denen hier nur eine mitgetheilt werden mag, die sich wegen ihrer Zweckmässigkeit besonders auszeichnet.

Fig. 118 zeigt **J. C. Winn**'s patentirten Universalschraubenschlüssel*) in der Seitenansicht und im Grundrisse in $^1/_4$ der wirklichen Grösse. Dieses sehr zweckmässige Werkzeug besteht aus **schmiedbarem** Gusseisen und lässt sich der eine Backen auf dem andern Theil des Schlüssels verschieben, wenn man die kleinen Zähne ausser Eingriff bringt. Dadurch, dass man die Zähne an jeder beliebigen Stelle eingreifen lassen kann, ist der Schlüssel für eine Reihe von Muttercalibern passend zu machen und werden die Zähne, wenn man beide Theile zusammen anfasst, bei Umdrehung der Mutter fest in einander gedrückt. Ein kleiner Stift verhindert das Auseinanderfallen der beiden Theile.

Fig. 118.



Der Schraubenschlüssel ersetzt aber auch noch andere Werkzeuge, denn wenn man das Maul desselben schliesst, so bildet der vordere Theil des Schlüssels eine zweckmässige Kneifzange, während das entgegengesetzte Ende als Brecheisen und Schraubenzieher benutzt werden kann; auch eine Hammerbahn ist oberhalb des Schlüssels angebracht, so dass das Werkzeug also sehr mannigfaltig ist.

Der Preis des Schlüssels in der 4fachen dargestellten Grösse ist $1^1/_2$ Mark, doch werden noch zwei grössere Sorten geliefert, im Preise von 2 resp. 3 Mark.

III. Röhrenverbindungen.

§. 50. Muffenverbindungen.

Gusseiserne Röhren zu Wasser-, Gas- und Dampfleitungen verbindet man gewöhnlich durch Muffen oder durch Flantschen und wird die Dichtigkeit der Röhren in den unbearbeiteten Muffen entweder durch Kitt oder durch Einstemmen von Wergtau und Eingiessen eines Bleiringes bewirkt, während zwischen die abgedrehten Flantschen ein

*) Vergl. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1868 (Taf. F), wo auch Quellen der übrigen Schraubenschlüssel-Constructionen gegeben sind.

Dichtungsring aus Gummi oder nur ein Ring aus Bindfaden gelegt und die Flantschen mittelst Schrauben fest zusammen gezogen werden.

Für Wasser- und Gasleitungen ist erfahrungsmässig die alte Methode der Muffenverbindung die zweckmässigste und sicherste Dichtungsart und ist dieselbe fast ausschliesslich *) im Gebrauche. Sie gewährt bei guter Ausführung absolute Dichtigkeit der Leitung bei jedem beliebigen innern Druck, dabei ist eine genügende Elasticität in der Leitung vorhanden, so dass kleine Verschiebungen in den Muffen nicht zu Undichtheiten Anlass geben und endlich gestattet diese Dichtungsart ein leichtes Auswechseln schadhaft gewordener Röhren.

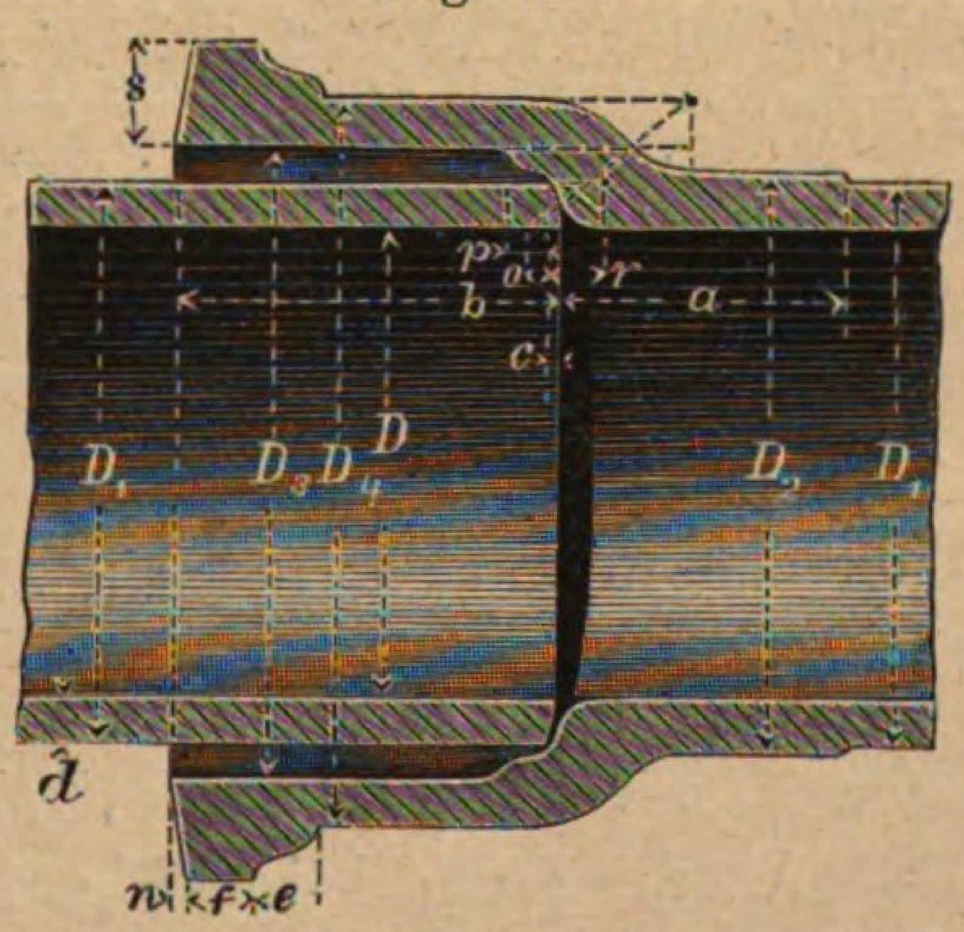
Die Wandstärken gusseiserner Röhren können nur zweckmässig nach **empirischen** Formeln bestimmt werden, indem hier die Anfertigung eine so wichtige Rolle spielt, dass man bei nicht sehr grossen innern Pressungen auf diese bei Feststellung der Wandstärken keine Rücksicht nimmt.

Sollen die Röhren zweckmässig ausgeführt werden, so muss man sie **stehend** giessen, d. h. der Formkasten muss in einer Dammgrube aufrecht nach der Längenrichtung des Rohres stehen und muss dabei das flüssige Eisen von **unten** in die Form eingeführt werden. Bei liegend gegossenen Röhren sucht das in die Form einströmende Eisen vermöge seiner Schwere den Kern zu heben, wodurch das Rohr an der oben liegenden Seite eine geringere Wandstärke erhält; da nun auch der Kern des Rohres im liegenden Zustande auf schmiedeeiserne Kernträger gestützt sein muss, welche im Eisen festgegossen werden, so kommt es leicht vor, dass eine mangelhafte Verbindung des Gusseisens mit den Kernträgern den unteren Theil der Rohrwandung undicht macht. Auch die Röhren, welche direct aus dem Hochofen gegossen werden, müssen eine grössere Wandstärke erhalten als aus Kupolöfen gegossene, weil man beim Hochofenbetrieb die Erze nicht so zusammensetzen kann, dass immer ein weiches und doch zähes Eisen erblasen wird, während man im Kupolofen durch entsprechende Wahl der Roheisensorten mit Sicherheit ein gleichmässiges und zähes Eisen erzielen kann.

Die Bruchfestigkeit gut zusammengesetzter Eisensorten schwankt zwischen 2900 bis 4000 Kilogr. pro □Centim. Die **Hannoversche Eisengiesserei** zu Hannover erzielte sogar durch zweckmässige Zusammensetzung verschiedener Eisensorten von schottischen und deutschen Werken eine Bruchfestigkeit von 4254 Kilogr. pro □Centim., welches jedoch zu kostspielig herzustellen ist, weshalb das genannte Werk zum Röhrenguss eine Eisenmischung verwendet, dessen Bruchfestigkeit 3430 Kilogr. pro □Centim. betragen soll.

Wie sehr verschieden die Festigkeit des Gusseisens ist, zeigt eine von dem obigen Werke angestellte Probe mit 315 Millim. weiten Röhren. Eine auf diesem Werke gegossene Röhre von 5,2 Millim. Wandstärke konnte mit der vorhandenen hydraulischen Probirmaschine nicht gesprengt werden. Erst nachdem durch Abdrehen der festen äusseren Gusskruste die Wandstärke nur noch 3,8 Millim. betrug, zersprang das Rohr bei einem Ueberdruck von $24\frac{1}{2}$ Atmosphären. Dagegen zersprangen gleichweite Röhren von englischen Werken, die 14,4 Millim. Wandstärke besassen, bei derselben Probe schon bei einem Ueberdruck von $6\frac{1}{2}$ bis 13 Atmosphären.

Fig. 119.



In Fig. 119 ist eine Muffenverbindung angedeutet, wie sie in neuerer Zeit von der Hannoverschen Eisen-

*) Es sind vereinzelt einige andere Verbindungsarten der Röhrenleitungen zur Ausführung gekommen und man findet die **Petit**'sche Verbindung in F. Reuleaux's »Constructeur«, S. 280. Eine Verbindung durch Ueberschiebmuffen in der Zeitschr. des österr. Ingen.- und Archit.-Vereins 1867. 3. Heft, auch Deutsche Bauzeitung 1867. S. 280. Die **William**'sche Verbindung in dem praktischen Maschinen-Constructeur von Uhland 1869. S. 311. Ferner eine Verbindung mittelst zweitheiliger Ueberschiebmuffen, in der »Zeitschrift für Bauhandwerker« 1873. S. 183.

giesserei*) für Röhren von 3 bis 110 Centim. Durchmesser ausgeführt wird. Es bezeichnen hierbei in Millim.:

D den innern Durchmesser der Röhre,
D_1 den äussern Durchmesser derselben,
D_2 den Durchmesser der Verstärkung hinter der Muffe,
D_3 den innern Durchmesser der Muffe,
D_4 den äussern Durchmesser derselben,
d die Wandstärke der Röhre,
a die Länge der Verstärkung hinter der Muffe,
b die Muffenlänge und
s die Wandstärke des Verstärkungsbundes der Muffe,

so ist zu nehmen, wenn alle Abmessungen auf den innern Durchmesser D der Röhren bezogen werden:

$$d = 6 + \frac{D}{40} = 6 + 0{,}025\,D \quad (104)$$

$$D_1 = D + 2\,d = 12 + 1{,}05\,D \quad (105)$$

Der Spielraum zwischen Muffe und Rohr ist:

$$v = 2 + \frac{d}{3} = 2 + 0{,}33\,d \quad (106)$$

hiernach wird:

$$D_3 = \mathrm{D} + 2\,d + 2\,(2 + 0{,}33\,d) = 20 + 1{,}0665\,D \quad (107)$$

Für die Wandstärke der Muffe und für die Verstärkung des Rohres auf der Länge a ist zu nehmen:

$$1{,}15\,d = 6{,}9 + 0{,}02875\,D \quad (108)$$

und wird darnach:

$$D_4 = 33{,}8 + 1{,}124\,D \quad (109)$$

$$D_2 = 13{,}8 + 1{,}0575\,D \quad (110)$$

Die Muffe erhält die Länge:

$$b = 65 + 0{,}12\,D \quad (111)$$

und die Rohrverstärkung an der Muffe die Länge:

$$a = 50 + 0{,}09\,D \quad (112)$$

Der Verstärkungsbund der Muffe erhält die Wandstärke:

$$s = 15 + 0{,}06\,D \quad (113)$$

und die Länge $n + f = 10 + 0{,}03\,D$, wobei die vordere Muffenabschrägung $n = {}^1/_4\,d = 1{,}5 + 0{,}0062\,D$ und die Länge $e = 10 + 0{,}04\,D$ zu nehmen ist.

Damit die Röhren beim Zusammensetzen sich selbst centriren, so hat die Muffe im Innern einen conisch geformten Ansatz, dessen Länge $p = 1{,}15\,d$ ist, wobei das Rohr am Ende dieses Ansatzes noch etwa 1 Millim. Spielraum hat, während der Spielraum am Anfange des Ansatzes ${}^1/_3\,v$ betragen soll. Der Mittelpunkt für die innere Rohrabrundung liegt in der Verlängerung der äusseren Kante des Rohrquerschnittes und ist um eine Länge $r = d$ von dem Rohrende entfernt. Der Mittelpunkt für die äussere Abrundung der Rohrmuffe liegt an der innern Kante des Rohrquerschnittes, und ist derselbe um $o = {}^3/_4\,d$ von dem äussern Rohrende entfernt.

An der Stelle bei r, Fig. 119, wo das Rohr in die Muffe übergeht, ist die Eisenstärke deshalb verhältnissmässig grösser zu nehmen, weil beim Einsetzen des Kernes in die Rohrform es leicht vorkommen kann, dass der Kern etwas zu weit nach unten rückt, wobei in diesem Falle die Wandstärke an dieser Stelle zu sehr geschwächt werden würde.

*) Vergl. den sehr eingehenden und gründlichen Artikel »Das Wasserwerk der Stadt Braunschweig« vom Ingenieur **Clauss**. Zeitschrift des Hannoverschen Architekten- und Ingenieur-Vereins 1869. S. 26.

Die Röhren zu Wasserleitungen erhalten in der Regel einen Probedruck von 20 Atmosphären und sind die in Fig. 119 gegebenen Abmessungen für diesen Druck aus Erfahrungsresultaten abgeleitet. Wenn die Röhren nur einem geringeren Probedruck widerstehen sollen, so kann die Wandstärke des Rohres entsprechend schwächer genommen werden, doch müssen die Muffen die früheren Abmessungen behalten, da diese von der Pressung im Rohre weniger abhängig sind, als von dem festen Einstemmen der Bleidichtung, denn diese Arbeit ist für Leitungen mit schwächerem Druck eben so sorgfältig auszuführen, wie für solche mit hoher Pressung.

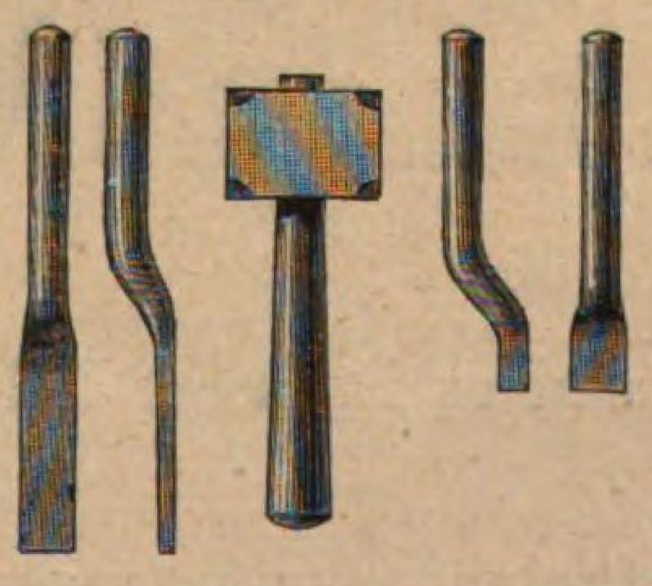
Die äussere Form des Rohres bleibt bei schwächeren Wandungen, als Formel (104) ergiebt, **unverändert** und es wird nur der innere Durchmesser D so viel grösser, als die Reduction der Wandstärke beträgt, was in keiner Weise nachtheilig ist.

Die zweckmässigste Baulänge für Röhren bis 400 Millim. Durchmesser ist nach **Clauss** = 2,8 Meter, und für solche über 400 Millim. Durchmesser = 3,8 Meter, wobei die Röhren unter 200 Millim. Durchmesser an drei Stellen ihrer Länge **Anbohrungsbänder** erhalten, d. s. Verstärkungen der Rohrwand, wie bei D_2 Fig. 119, von 65 Millim. Breite und 4 Millim. Stärke, auf denen die Anbohrungen für die Hausleitungen vorgenommen werden. Façonröhren erhalten eine Wandstärke, die etwa 25 % grösser ist, als die der geraden Röhren, weil der Guss derselben weniger exact ausgeführt werden kann.

Die Wasserleitungen werden am zweckmässigsten direct in die Erde verlegt, weil dadurch etwaige Rohrbrüche leichter wahrgenommen werden, als wenn die Röhren in gemauerten Canälen liegen, indem das ausprudelnde Wasser die Erdschichten über der Leitung lockert und sie einsinken macht. Vor dem Verlegen erhalten die Röhren zum Schutze gegen Oxydation einen Ueberzug aus Goudron, Steinkohlentheer etc., welche Stoffe auf die vorher stark erwärmten Röhren im flüssigen Zustande mit Pinsel aufgetragen werden; hierbei bleibt nur das Innere der Muffe und das in die Muffe einzuschiebende Röhrenende frei von dem Ueberzuge. Der Goudron-Ueberzug hat sich bei der Braunschweiger Wasserleitung sehr gut bewährt, denn eine angestellte Probe ergab bei Röhren, welche mit Goudron- und Gastheeranstrich versehen und ein Jahr lang im Flusse der Einwirkung des Wassers ausgesetzt waren, dass der Theeranstrich an manchen Stellen schon ganz zerstört war, während der Goudronüberzug sich wohl erhalten hatte.

Wenn die Röhren gelegt und scharf in einander geschoben sind, werden sie mit Wergtau bis etwa auf die halbe Muffenlänge verstemmt, um das Eindringen des flüssigen Bleies in die Röhren zu verhindern. Da aber der Wergring mit der Zeit von dem Wasser, welches die Röhren durchströmt, aufgelöst wird, und somit zur Haltbarkeit der Dichtung nicht beiträgt, so ersetzte man die Wergdichtung bei einigen neueren Leitungen (Leipzig) durch einen kalten Bleiring von ovalem Querschnitte, der fest in die Muffe eingestemmt wurde, und goss den übrigen Raum von ca. 5 Centim. Höhe mit geschmolzenem Blei aus, welchen Ring man nach dem Erkalten ebenfalls sorgfältig verstemmte. Beim Vergiessen der Röhren mit Weichblei wird der vordere Muffenrand mit einem Ringe von weichem Thon umgeben und die Fugen dicht verstrichen, wobei oberhalb der Muffe ein kleiner Trichter gebildet wird, der als Eingussöffnung dient.

Fig. 120.



Die Werkzeuge zum Verstemmen der Wergdichtung und des Bleiringes sind in Fig. 120 angedeutet; der lange Stemmer wird für den Wergring, der kürzere für den Bleiring benutzt.

Tabelle VII giebt nach Clauss die Durchmesser, Wandstärken, Gewichte und Kosten der Wasserleitungsröhren für die Stadt Braunschweig.

Gusseiserne Muffenröhren finden auch oft zu Entwässerungen und zu Luftheizungen Verwendung. In diesen Fällen sind die Röhren keiner innern Pressung ausgesetzt, und erhalten sie daher auch nur solche Wandstärken, welche für die Ausführung genügend sind, ca. 6 bis 10 Millim. Da solche Röhren auch nicht mit Blei verstemmt, sondern

Tabelle VII.

Röhren-			Gewicht			Preis der Röhren		Kosten			Legungskosten d. Röhren incl.	
Durchmesser Millim.	Nutzlänge Meter	Wandstärke Millim.	einer Röhre Kilogr.	pro 1 Meter Röhre Kilogr.	des Bleies pro 1 Muffe Kilogr.	pro 50 Kilogr. Mark	pro 1 Meter Mark	der Luftdruckprobe p. 1 Rohr Mark	d. Schwärzens und Reinigens pro 1 Rohr Mark	d. Schwärzens und Probirens pro 1 Meter Mark	Dichtmaterial sowie Erd- und Pflasterarbeit pro 1 Meter Mark	aller Materialien und Arbeiten pro 1 Meter Mark
470	3,767	16,4	—	—	12,5	8,75	—	0,72	2,90	0,96	—	—
392	2,825	15,7	473,0	167,4	10,7	8,75	29,31	0,48	1,82	0,81	5,73	35,87
366	2,825	15,3	414,5	146,7	10,0	8,75	25,50	0,36	1,71	0,73	5,32	31,54
261	2,825	13,1	250,0	88,5	7,5	9,00	15,90	0,24	1,24	0,51	3,41	19,88
235	2,825	12,4	211,0	74,7	6,5	9,00	14,00	0,165	1,12	0,45	3,09	17,59
209	2,825	11,8	190,0	67,3	5,0	9,00	12,10	0,13	1,00	0,41	2,79	15,32
183	2,825	11,1	148,0	52,4	4,0	9,00	9,24	0,11	0,88	0,35	2,63	12,23
157	2,825	10,5	120,0	42,5	3,0	9,75	8,28	0,097	0,75	0,30	2,39	11,28
131	2,825	9,8	94,5	33,5	2,0	9,75	6,85	0,085	0,63	0,25	1,91	9,02
104	2,825	9,2	71,0	25,1	1,5—1,7	9,00	4,76	0,073	0,50	0,20	1,67	6,34
78	2,825	8,5	49,0	17,3	0,7—1,0	9,5 - 9,75	3,20	0,06	0,15—0,40	0,16	1,51	4,87
52	1,883	7,8	21,5	7,6	0,5	10,20	2,33	0,04	0,20	0,12	1,43	3,85
39	1,883	7,8	15,7	5,6	0,5—0,7	11,80	1,90	0,03	0,13	0,08	1,27	3,28

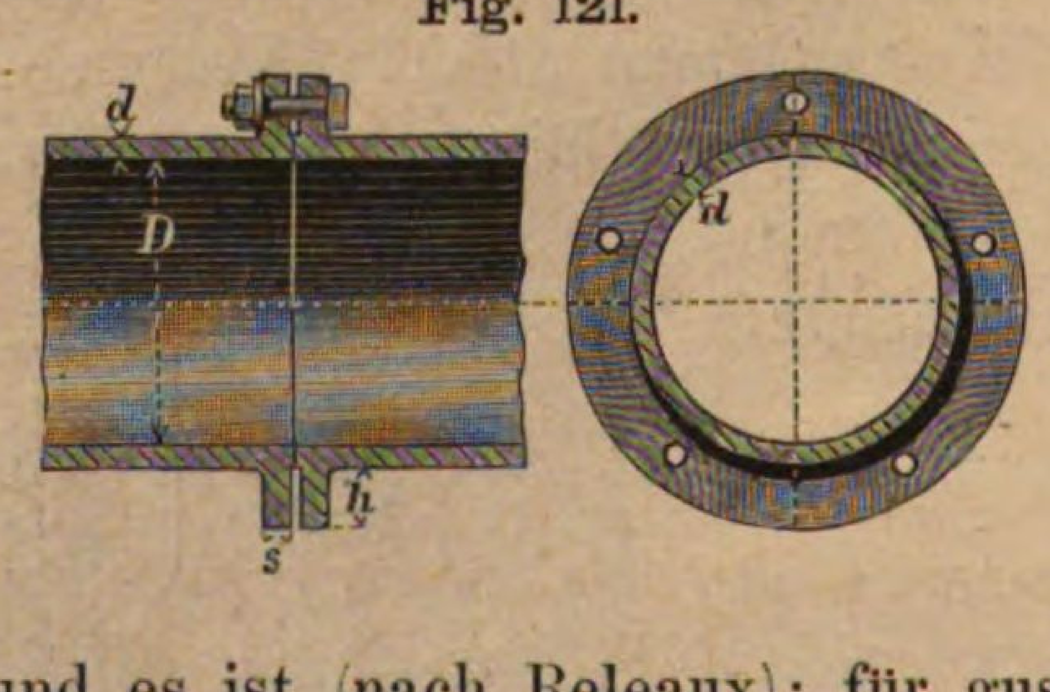
mit einem passenden Kitt gedichtet werden, so können auch die Wände der Muffen entsprechend schwächer gehalten sein.

Entwässerungsröhren werden am einfachsten und besten mit Cement gedichtet; Luftheizungen aber, die der Glühhitze ausgesetzt sind, dichtet man mit einem Kitt aus 4 Th. Eisenfeilspänen, 2 Th. Thon und 1 Th. Chamotte-Masse, welche Bestandtheile mit einer gesättigten Kochsalzlösung zu einem Teige angemacht werden. Einen andern Eisenkitt, der sowohl im Feuer wie im Freien anwendbar ist, erhält man, wenn man 100 Th. rostfreie Eisenfeilspäne, oder fein zerstossene Dreh- und Bohrspäne mit 1 Th. grob pulverisirtem Salmiak gut mengt und mit Urin anfeuchtet. Dieser Kitt wird mittelst Stemmer im weichen Zustande in die Muffen eingetrieben.

§. 51. Flantschenverbindungen.

Für gusseiserne Dampfleitungen und für kupferne Dampf- und Warmwasserheizungen sind die Flantschenverbindungen am gebräuchlichsten. Eine solche Verbindung für gusseiserne Röhren giebt Fig. 121. Es bezeichnen wieder:

Fig. 121.



D den innern Durchmesser der Röhre
d die Wandstärke derselben
h die Flantschenhöhe
s die Flantschenstärke
} in Millim.,

a die Anzahl der Flantschenschrauben,
m den Schraubendurchmesser,

und es ist (nach Releaux): für gusseiserne **Dampfröhren:**

$$d = 12 + 0{,}02\, D \quad (114)$$

für gusseiserne ausgebohrte **Pumpenstiefel:**

$$d = 20 + 0{,}01\, D \quad (115)$$

Ferner ist:

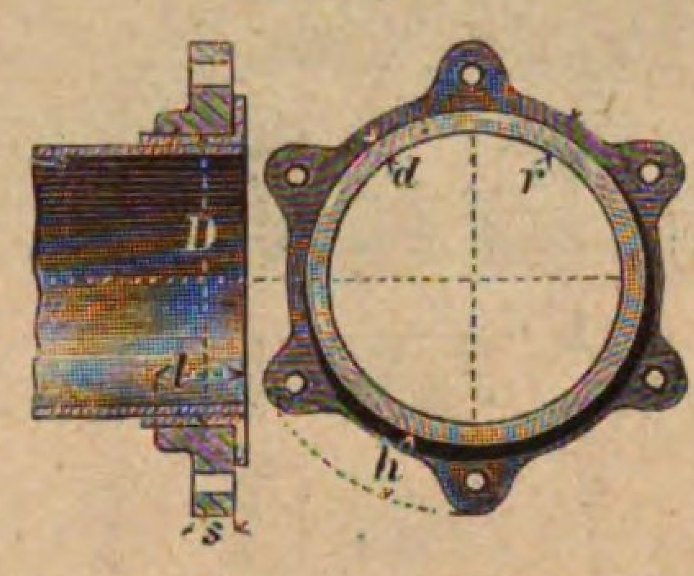
$$h = 10 + 2{,}2\, d, \text{ und } s = 1{,}4\, d \quad (116)$$

$$a = 2 + 0{,}02\, D, \text{ und } m = 2 + 1{,}2\, d \quad (117)$$

Beispiel. *Ein Dampfrohr habe* 240 *Millim. innern Durchmesser, so ist die Wandstärke nach Formel* (114) $d = 12 + 0{,}02 \,.\, 240 \doteq 16{,}8$, *wofür* 17 *Millim. zu setzen ist. Für die Flantschenhöhe hat man* $h = 10 + 2{,}2 \,.\, 17 = 47{,}4$ *oder rund* 47 *Millim., und die Flantschenstärke ist* $s = 1{,}4 \,.\, 17 = 23{,}8$ *oder rund* $= 24$ *Millim. Die Anzahl der Flantschenschrauben sind* $a = 2 + 0{,}02 \,.\, 240 = 7$ *Stück, und deren Durchmesser ist* $m = 2 + 1{,}2 \,.\, 17 = 22$ *Millim., wofür man den nächst passenden Durchmesser der* **Whitworth***'schen Scala nehmen kann.*

Kupferne Röhren werden nach Fig. 122 ebenfalls mit gusseisernen Flantschen verbunden, in der Weise, dass das Rohr ein aufgelöthetes kupfernes Bort erhält, hinter welchem sich eine **lose** gusseiserne Flantsche befindet. Die Abmessungen dieser Flantschen können wie bei der vorhergehenden Figur bestimmt werden, und es ist, wenn D die innere Weite der Flantsche bezeichnet, d nach Formel (114) zu nehmen, wobei die Dimensionen h und s wegen der geringeren Ansatzfläche der Ohren etwas zu verstärken sind. Man nehme:

Fig. 122.



$$h = 10 + 2{,}4\, d, \text{ und } s = 1{,}8\, d \quad . \;.\; . \quad (118)$$

Die Anzahl der Schraubenohren und der Durchmesser der Schrauben ist nach Formel (117) zu bestimmen und die Abmessungen l und r nehme man:

$$l = 3\, d, \text{ und } r = 1{,}8\, d \quad . \;.\; . \;.\; . \;.\; . \;.\; . \quad (119)$$

Bei Röhren mit starkem innern Druck berechnet man die Wandstärke nach der Formel von **Brix**; diese ist:

$$d = \frac{1}{2} D \left(e^{\frac{p}{k}} - 1\right) + c \quad . \;.\; . \;.\; . \;.\; . \;.\; . \quad (120)$$

worin:

d die Wandstärke } in Millim.,
D den innern Rohrdurchmesser }
p die Pressung pro □Millim.,
k die Inanspruchnahme des Materials pro □Millim. (Tabelle I),
$e = 2{,}718 \ldots$ die Grundzahl der natürlichen Logarithmen und
c eine Additionalconstante

bezeichnet. Diese ist abhängig von der Möglichkeit der praktischen Ausführung, von der Abnutzung durch mechanische oder chemische Kräfte etc. Lässt man die Additionalconstante in der Formel weg, so geht (120) über in:

$$\frac{d}{D} = \frac{1}{2} \left(e^{\frac{p}{k}} - 1\right) \quad . \;.\; . \;.\; . \;.\; . \;.\; . \quad (121)$$

und für alle praktischen Fälle genügt die Annäherungsformel:

$$\frac{d}{D} = \frac{p}{2\,k} \left(1 + \frac{p}{2\,k}\right) \quad . \;.\; . \;.\; . \;.\; . \;.\; . \quad (122)$$

oder, wenn die Spannung in der Röhre in n Atmosphären gegeben ist:

$$\frac{d}{D} = \frac{n}{200\,k} \left(1 + \frac{n}{200\,k}\right) \quad . \;.\; . \;.\; . \;.\; . \;.\; . \quad (123)$$

Beispiel. *Für die gegebene Dampfspannung von* 10 *Atmosphären ist für ein Kupferrohr, wenn man die zulässige Inanspruchnahme des Kupfers pro* □*Millim.* (*nach Tabelle I*) $= \frac{200}{100} = 2$ *Kilogr. setzt, nach* (123):

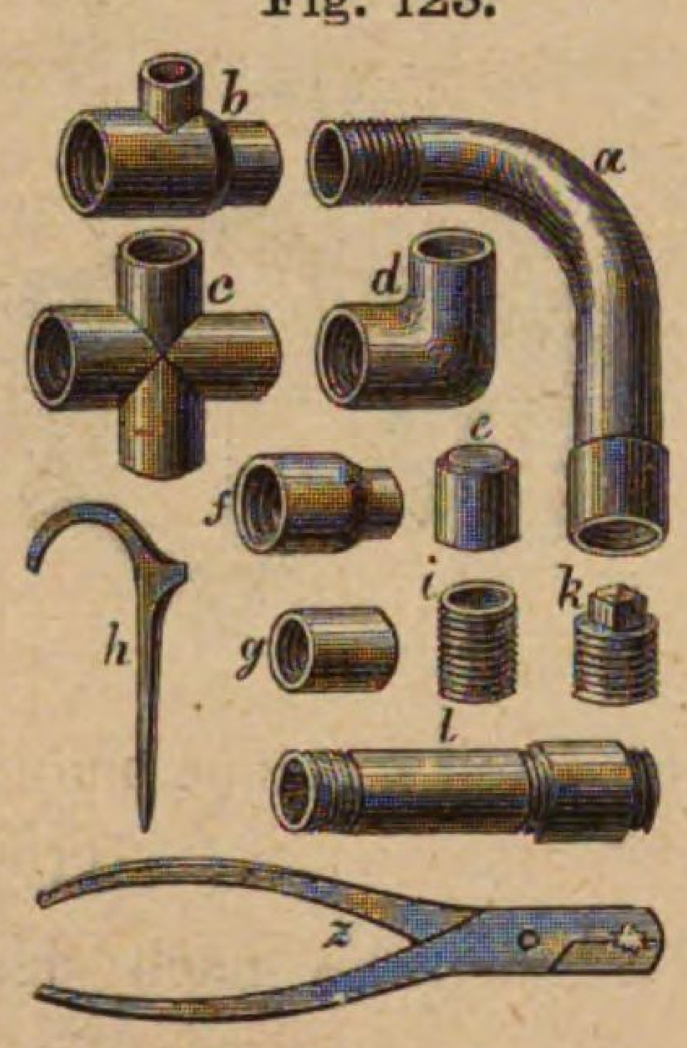
$$\frac{d}{D} = \frac{10}{200 \,.\, 2} \left(1 + \frac{10}{200 \,.\, 2}\right) = 0{,}02562.$$

Soll das Rohr einen Durchmesser von 100 *Millim. haben, so wird die Wandstärke* $d = D \,.\, 0{,}02562 = 100 \,.\, 0{,}02562 = 2{,}6$ *Millim. Die Abnutzung des Kupfers ist sehr gering und die Ausführung der Rohrwandung in jeder Stärke möglich, weshalb es nicht erforderlich ist, einen Betrag für die Additionalconstante* c *hinzuzufügen.*

§. 52. Röhrenverschraubungen.

Schmiedeeiserne gezogene Wasser- und Gasröhren werden fast nur durch Verschraubungen mit einander verbunden. Die Röhren, sowie alle erforderlichen Verbindungsstücke, werden in besonderen Fabriken angefertigt und kommen in besonderen Dimensionen in den Handel. Fig. 123 giebt die Façonstücke, welche zu einer Leitung erforderlich sein können, und welche, auf lichte Rohrweiten von 5 bis 50 Millim. bezogen, vorräthig gehalten werden. Das **Bogenstück** *a* dient zur Verbindung zweier Rohrstränge im rechten Winkel; es ist an beiden Enden mit Gewinde versehen und wird durch die **geraden Muffen** *g*, die im Innern Gewinde haben, mit den Röhren verschraubt. Denselben Zweck hat das **amerikanische Kniestück** *d*, in das beide Rohrenden hineingeschraubt werden. Ausser diesen Kniestücken mit abgerundeten Ecken hat man auch noch **geschmiedete Kniestücke**, bei denen der rechte Winkel ganz scharf ist. Das **T-Stück** *b* bildet eine Abzweigung von einem gerade durchgehenden Rohrstrang und enthalten alle drei Oeffnungen, die gleich oder verschieden weit sein können, im Innern das Gewinde. Wird es erforderlich, dass zwei Rohrstränge sich kreuzen, oder dass vier Rohre in einander münden, so bewirkt man dies durch das **Kreuzstück** *c*, dessen Oeffnungen je nach Bedarf verschieden oder gleich gross zu nehmen sind. Die **Reductionsmuffe** *f* verbindet zwei Röhren von verschiedenem Durchmesser, und wenn ein Rohr am Ende zu verschliessen ist, so geschieht dies entweder durch die **Kappe** *e*, welche auf das Rohr geschraubt wird, oder durch den **Pfropfen** *k*, der sich in die Muffen hinein schrauben lässt.

Fig. 123.



Das **Langgewinde** *l* kommt zur Anwendung, wenn in einem Rohrstrange ein Stück einzuschalten ist, oder wenn zwei festliegende Theile eines Stranges vereinigt werden sollen, denn indem das einzuschaltende Rohrstück die Lücke vollständig ausfüllen soll, würde man die Verbindungsmuffen nicht aufschrauben können, wenn nicht das eine Rohrende so lang mit Gewinde versehen wäre, dass sich die Muffe auf dieses Rohrende erst vollständig aufschrauben lässt; die Verbindung der Rohrenden geschieht nun durch Zurückdrehung der Muffe. Die **Nipples** *i* haben aussen in ihrer ganzen Länge Gewinde und dienen in manchen Fällen zum Einschrauben in die Muffen, wenn zwei der letzteren an einander stossen sollen.

Zur Befestigung der Röhrenleitungen an den Wänden der Gebäude werden die **Rohrhaken** *h* gebraucht, die man, unterhalb der Leitung, durch Hammerschläge gegen die Nase des Hakens in die Mauerfugen treibt.

Fig. 124. Fig. 125.



Die Umdrehung der Muffen oder Röhren wird durch Zangen bewirkt, welche bei ganz kleinen Röhren die Form *z* Fig. 123, für grössere Röhren aber die Form Fig. 124 haben, wobei sich die Schneide *a* in das Rohr eindrückt, wenn die Drehung des Rohres durch die Zange in der Richtung des Pfeiles erfolgt. Für die verschiedenen Rohrdurchmesser sind von diesen Zangen auch verchiedene Grössen erforderlich; Fig. 125 giebt dagegen eine Universalzange, die für mehrere Rohrdurchmesser passend ist. Der Hebelarm *a* sitzt mit seiner Schraube in der Mutter *b* und hat an der Stelle, wo er das Rohr angreift, einen drehbaren Kopf *d*. Die mit scharfen Zähnen versehene Klaue *c* umfasst das Rohr und da dieselbe in einem Gelenk der Mutter *b* beweglich ist, so werden deren Zähne in das Rohr eingedrückt, wenn man den Hebelarm *a* erst gegen das Rohr schraubt und ihn dann in der Richtung des Pfeiles umdreht. Diese Zangen sind zweckmässig und dabei sehr einfach.

Zum Abschneiden der Röhren bedient man sich des in Fig. 126 dargestellten **Rohr-**

abschneiders. Bei demselben sitzt vorn auf der Schraube der Handhabe *a* ein kleiner mit einem Rädchen versehener Schlitten *b*, während die Klaue *c* das Messer enthält, welches das Abschneiden des Rohres besorgt. In dem kugelförmigen Ansatz der Handhabe *a* steckt ein kleiner Dorn, durch den man die Schraube umdrehen und den Schlitten *b* gegen das abzuschneidende Rohr pressen kann, dabei erfolgt das Abschneiden desselben nach und nach durch Umdrehung des Apparates um das Rohr.

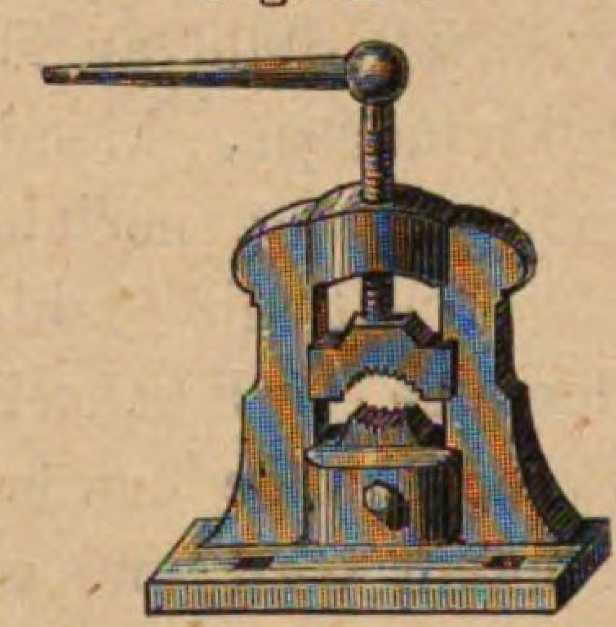
Fig 126.



Einen zweckmässigen Schraubstock zum Festhalten der Röhren, welche abgeschnitten oder mit Gewinde versehen werden sollen, zeigt Fig. 127. Die kreisförmig ausgearbeiteten mit scharfen Zähnen versehenen Backen des Schraubstockes pressen sich um das Rohr, wenn die Schraube niedergedrückt wird, und verhindern die Drehung desselben. Der **Rohrschraubstock** wird mittelst Nägel oder Schrauben auf einer horizontalen Bank befestigt, so dass das Rohr im liegenden Zustande bearbeitet werden kann.

Das Gewinde der schmiedeeisernen Wasser- und Gasröhren wird **nicht** nach der Whitworth'schen Scala, sondern bedeutend feiner genommen, weil die Röhren durch die tiefen Gewindegänge zu sehr verschwächt werden. Das diesen Röhren eigenthümliche Gewinde, und die Apparate zum Schneiden desselben, findet man unter dem Namen **Gasgewinde** im Handel. Fig. 128 zeigt eine Kluppe und zwei Gewindebohrer zum Schneiden der Gasgewinde und dürfte deren Einrichtung nach dem im §. 49 Gesagten ohne Weiteres klar sein.

Fig. 127.



Diejenigen schmiedeeisernen Röhren, welche zu den Heisswasserheizungen verwendet werden, haben einer grossen Pressung Widerstand zu leisten; sie werden gewöhnlich auf 150 Atmosphären geprüft, und da die Röhrentheile, welche dem Feuer ausgesetzt sind, durch dasselbe stark abgenutzt werden, so erhalten sie eine sehr grosse Wandstärke. In Fig. 129 ist die Muffenverbindung einer solchen Röhre in $^1/_4$ der natürlichen Grösse angedeutet. Der äussere Rohrdurchmesser ist = 35 Millim., der innere = 21 Millim., daher die Wandstärke = 7 Millim. Um die Röhre möglichst ohne Zwischenlage dicht schrauben zu können, ist das eine Ende gerade gedreht, während die Wand des anderen Endes rechtwinklig zugeschärft ist. An den Stellen der Röhrenleitung, wo kein grosser Hitzegrad herrscht, kann man auch Bleiringe zwischen die gerade gedrehten Enden der Röhren schrauben.

Fig. 128.

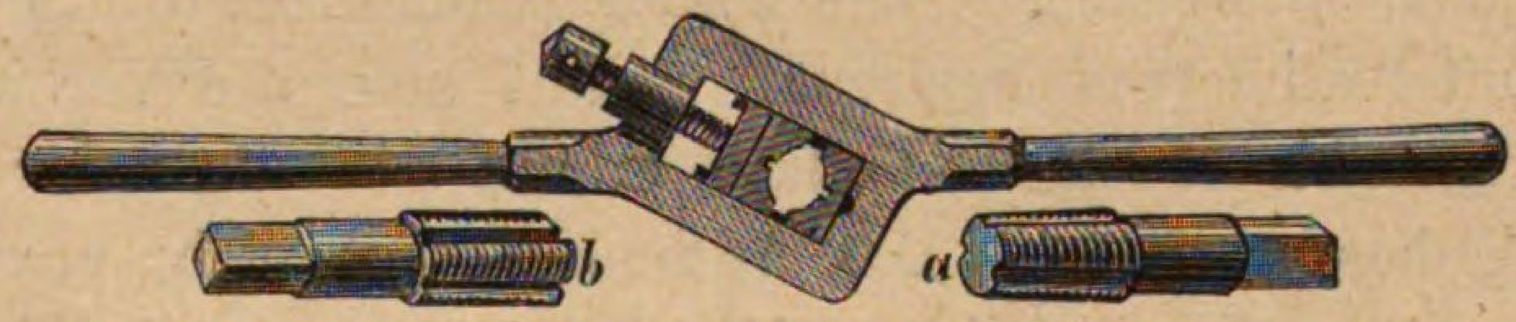
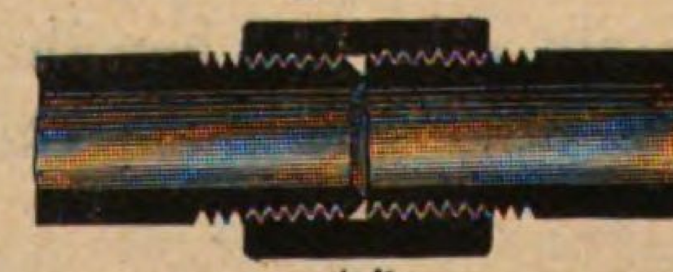
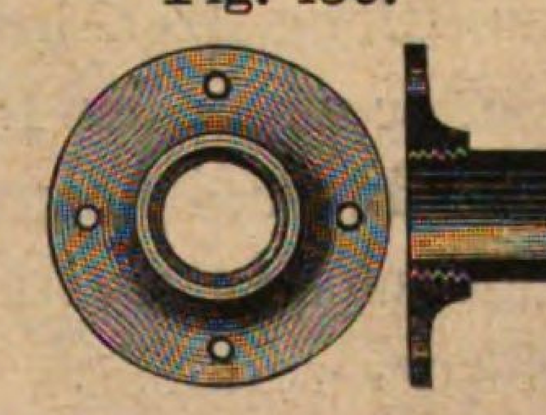


Fig. 129.



Zuweilen kommt es auch vor, dass schmiedeeiserne Röhren in eisernen oder kupfernen Wänden zu befestigen sind; in diesem Falle werden sie mit einem conischen Stahldorn aufgetrieben und in der Wand verstemmt, oder sie werden verlöthet. Wenn schmiedeeiserne Röhren mit Flantschenröhren verbunden werden sollen, so erhalten sie nach Fig. 130 eine Flantsche aufgeschraubt, die in den meisten Fällen, der Dichtigkeit wegen, mit Schlageloth verlöthet wird. Solche Flantschen werden für Gas- und Wasserleitungsröhren in den gebräuchlichsten Dimensionen von den betreffenden Fabriken vorräthig angefertigt.

Fig. 130.



IV. Schweiss- und Löthverbindungen.

§. 53. Das Schweissen des Eisens und Stahls.

Wenn Schmiedeeisen- oder Stahlstäbe an ihren Enden so lange erhitzt werden, bis sie zu schmelzen beginnen (Schweisshitze), und wenn man sie in diesem Zustande über einander gelegt schnell auf den Ambos bringt, so verbinden sich die Theile durch starke Hammerschläge derartig mit einander, als ob sie aus einem einzigen Stücke beständen, wobei die Schweissstelle fast die gleiche Festigkeit erreicht, die der volle Eisenstab desselben Querschnittes besitzt. Vor der Schweissung müssen aber die Stabenden durch Anstauchen verstärkt sein, weil ein Theil des Eisens in der Glühhitze durch Abbrand verloren geht. Die Stabenden werden hierbei jedoch so zugeschärft, dass, wenn dieselben **schräg** über einander gelegt sind, die Stäbe zusammengenommen annähernd die Form des Stabquerschnittes haben. Stäbe von grösseren Dimensionen können auch **stumpf** gegen einander gestossen werden, wobei ein eiserner Zapfen, der in dem einen Stabende festgeschweisst ist, in eine entsprechende Oeffnung des anderen Stabendes eingreift; die Schweissung erfolgt hier durch Stauchung.

Soll Stahl an Eisenstäbe geschweisst werden, so spaltet man den Eisenstab mittelst Schrotmeisel, klemmt das keilförmige Stahlstück in diesen Spalt ein und bewirkt die Schweissung, nachdem beide Theile zusammen bis zur Schweisshitze erwärmt sind.

Nicht alle Stahlsorten sind schweissbar, namentlich nicht der bessere Gussstahl, denn derselbe verliert seine guten Eigenschaften (er verbrennt), wenn er weiter als bis zur Rothglühhitze erwärmt wird. Man hat jedoch ein Schweissmittel, welches **Antimonoïd** *) genannt wird und welches eine vollständige Schweissung von Eisen oder Stahl im hellrothem Zustande ermöglichen soll. Die beiden zu verbindenden Eisen- oder Stahlstücke werden **ohne** vorherige Anstauchung an den Enden einfach zugeschärft und wird das Antimonoïd zwischen die beiden Stücke gestreut, worauf diese durch eine Zange zusammengehalten werden. Damit kein Schmutz in die Schweissfuge fällt, wird auch diese aussen mit Antimonoïd bestreut, worauf man die Verbindung in einem gewöhnlichen Schmiedefeuer bis zur Hellrothgluth erhitzt und die Schweissung in gewöhnlicher Weise auf dem Ambos ausführt. Das Antimonoïd ist nicht etwa ein blosses Klebe- oder Bindemittel, sondern die mit diesem Mittel zusammengeschweissten Stücke cohäriren in ihren Molekülen vollständig, wie sich dies durch Bruchproben an Schweissstellen erwiesen hat. Diese Schweissmethode soll sich besonders bei dünnen Gegenständen aus Schmiedeeisen und Stahl sehr gut bewährt haben, weil wegen des geringen erforderlichen Hitzegrades ein Abbrand hier nicht stattfindet.

§. 54. Verbindung der Metalle durch Löthen.

Indem man ein leichtflüssigeres Metall zwischen anderen schwerflüssigen Metallstücken zum Schmelzen bringt, verbindet man dieselben mit einander; dieser Prozess heisst **Löthen** und je nach der Härte des verbindenden Metalles unterscheidet man **Hartloth** und **Weichloth.** Das Hartloth nennt man **Schlageloth**, es wird in der Regel aus Messing und Zink zusammengeschmolzen und über Birkenreisig in kaltes Wasser gegossen, wodurch es sich in kleine Körner zertheilt.

Die zu verbindenden Gegenstände müssen an der Löthstelle metallisch rein sein und gut aneinander passen; sie werden gewöhnlich mit Bindedraht zusammengebunden und wird das Schlageloth auf die Fuge gelegt, damit, wenn es in einem gewöhnlichen Schmiedefeuer in Fluss gebracht ist, es zwischen die zu verbindenden Stücke fliessen kann. Um die Verbindungsstelle vor dem Löthen vor Oxydation zu schützen und um zugleich das

*) Vergl. »Der praktische Maschinenconstructeur« von W. Uhland 1869. S. 108. Nach einer Mittheilung des Niederösterr. Gewerbe-Vereins. **Antimonoïd** liefert C. A. Specker, Hoher Markt 11 in Wien.

Schlageloth auf der betreffenden Stelle festzuhalten, bedeckt man dasselbe mit einem Glasfluss, bestehend aus Boraxpulver oder aus pulverisirten Glasscherben.

Zum Löthen von Schmiedeeisen und Stahl kann Silber, oder es können Abfälle von Kupfer- und Messingblech verwendet werden, da dieses Löthmaterial die grösste Festigkeit besitzt; doch wird meistens zu diesen, sowie zu Gegenständen aus Kupfer, ein Schlageloth aus 7 Th. Messingblech und 1 Th. Zink, oder ein weniger strengflüssiges aus 4 Th. Messingblech und 1 Th. Zink bestehend, benutzt. Gegenstände aus Gussmessing löthet man mit einem leichtflüssigeren Schlageloth, welches aus 5 Th. Messing und 2 bis 5 Th. Zink zusammengesetzt ist. Die Farbe dieser Schlagelothe ist hellgelb, sie sind daher für solche Metalle und Legirungen, die eine weisse Farbe haben, nicht brauchbar, weil die Löthnaht sichtbar bleibt. Man verwendet für diese Fälle ein **halbweisses** Schlageloth aus:

12 Th. Messing, 4 Th. Zink und 1 Th. Zinn, oder aus:
22 - - 10 - - - 1 - -

oder ein **weisses** Schlageloth, bestehend aus:

20 Th. Messing, 1 Th. Zink und 4 Th. Zinn, oder aus:
11 - - 1 - - - 2 - -

Kupfer- und Messingröhren werden aus Blech gerollt, wobei die Bleche an der Stossstelle mit zugeschärften Rändern übereinander greifen. Nachdem diese Naht möglichst dicht zusammengehämmert ist, wird dieselbe im Innern des Rohres mit nassgemachtem Schlageloth belegt und mit Borax bestreut, worauf das Schlageloth in einem Holzkohlenfeuer in Fluss gebracht wird. Die Feuer zum Löthen der Röhren können entweder gewöhnliche Schmiedeessen sein, oder zweckmässiger wendet man Löthtische an, die aus Blechplatten bestehen, welche auf Stützen in Tischhöhe ruhen und wo durch mehrere kleine Oeffnungen in der Längenrichtung der Platte der Gebläsewind von unten zugeführt wird. In vielen Fällen wird der Wind nicht durch Gebläse, sondern durch Fächeln auf die Holzkohlen mit fächerartigen Gegenständen erzeugt.

Weichloth besteht im Allgemeinen aus Zinn und Blei; dasselbe ist um so brauchbarer, je weniger Blei es enthält, doch wird reines Zinn selten verwendet, dagegen sind die folgenden Legirungen zweckmässig:

No. 1 bestehend aus 3 Th. Zinn und 2 Th. Blei, ist schmelzbar bei 169° C.
No. 2 - - 2 - - - 1 - - - - - 172° -
No. 3 - - 3 - - - 1 - - - - - 180° -
No. 4 - - 4 - - - 1 - - - - - 186° -
No. 5 - - 1 - - - 1 - - - - - 189° -
No. 6 - - 6 - - - 1 - - - - - 194° -
No. 7 - - 1 - - - 2 - - - - - 229° -
No. 8 - - 1 - - - 4 - - - - - 259° -

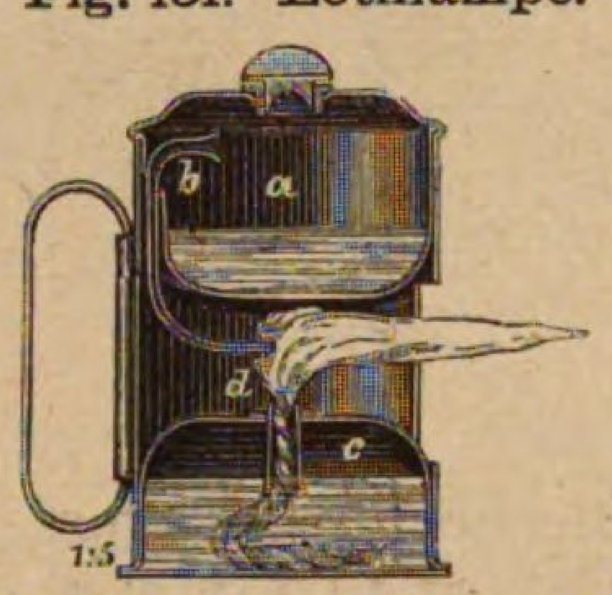
Das Löthen mit Weichloth geschieht entweder mittelst **Löthkolben**, oder mittelst der **Löthlampe.** Der erstere besteht aus einem Stücke Kupfer von rechteckigem Querschnitte, welches vorn zugeschärft und in dessen Verlängerung eine etwa 40 Centim. lange Schmiedeeisenstange von 5 bis 10 Millim. Durchmesser angebracht ist, die an ihrem Ende ein hölzernes Heft zum Anfassen enthält; die Stange kann auch rechtwinklig von dem Kolben abzweigen, je nach der Art, wie mit demselben zu löthen ist.

Man erhitzt den Kolben am besten in einem kleinen Holzkohlenofen, bis zu einem Grade, wo er das Weichloth leicht zum Schmelzen bringt; streicht man den warmen Kolben in diesem Zustande mit der zugeschärften Seite über ein Salmiakstück hin und her, so wird das Kupfer gereinigt und das Löthzinn haftet an der Zuschärfung des Kolbens, wenn man mit demselben über ein Stück Weichloth streicht. Gegenstände aus Eisen, Stahl, Kupfer und Messing müssen vor dem Löthen verzinnt werden, was dadurch geschieht, dass man die mit Schaber oder Feile metallisch rein hergestellten Flächen leicht erwärmt,

etwas Kolophoniumpulver darüber streut und mit dem verzinnten Löthkolben so lange über die Fläche streicht, bis sie sich mit einer dünnen Zinnschicht überzogen hat. Bilden die verzinnten Gegenstände gerade Flächen, welche zusammen gelöthet werden sollen, so braucht man dieselben, auf einander gelegt, nur so lange durch ein erhitztes Metallstück zu erwärmen, bis das Zinn zu schmelzen beginnt, und dann den Gegenstand abkühlen zu lassen, dessen Theile nun vollständig fest zusammengelöthet sind. In den Fällen, wo man die zu löthenden Flächen mit Feile und Schaber nicht vollständig reinigen kann, wendet man sogenanntes **Löthwasser** an, welches aus Salzsäure, in der etwas Zink aufgelöst ist, besteht. Mit dieser Beize benetzt man die Flächen und verzinnt sie mit dem Löthkolben.

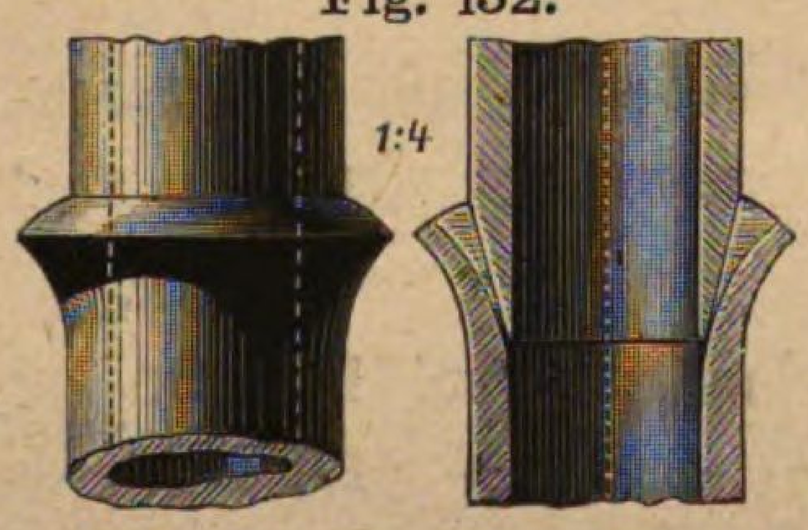
Den Querschnitt einer **Löthlampe** zeigt Fig. 131, wobei unter dem Spiritusgefässe *a* eine Lampe brennt, die in dem obern Gefässe Dämpfe erzeugt, welche durch das Rohr *b* heftig abströmen und bei *d* in die Flamme der Spirituslampe *c* blasen, wo dieselben mit verbrennen und eine starke Stichflamme entwickeln, mittelst welcher die Löthungen schnell und sicher ausgeführt werden können. Der Mantel *d*, in dem die beiden Spiritusgefässe fest geklemmt sind, besteht aus starkem Blech mit einer rechteckigen vorderen Oeffnung für die Stichflamme, und sind an dessen hinterer Seite zwei bewegliche Henkel angebracht, welche zur bequemen Handhabung des Apparates dienen. Die Füllung des oberen Gefässes geschieht durch eine kleine Verschraubung, welche vollständig dicht abzuschliessen ist.

Fig. 131. Löthlampe.



Die Löthlampe eignet sich besonders gut zur Verbindung der Bleiröhren, die für Hauswasserleitungen gebraucht werden. Diese haben eine starke innere Pressung auszuhalten und sind die Löthstellen daher sorgfältig auszuführen. Zur Verbindung zweier Bleiröhren wird das eine Ende mit einem conischen Dorn aus hartem Holze aufgetrieben, während das Ende des anderen Bleirohres eine conische Zuspitzung erhält, wie solche in Fig. 132 angedeutet ist. Hierbei hat man Acht zu geben, dass die äusserste Spitze des eingeschobenen Rohres möglichst dicht in dem aufgetriebenen Rohre schliesst, damit das flüssige Loth nicht in das Innere des Rohres dringt. Bevor aber der obere weitere Theil der Verbindung mit Löthzinn ausgefüllt wird, müssen die in einander geschobenen Theile sorgfältig gereinigt sein, was am besten durch Schaber geschieht, deren Einrichtung aus Fig. 133 zu ersehen ist. Diese Schaber bestehen aus Gussstahl; sie haben scharfe Schneiden, mit denen das Bleirohr an der Löthstelle sauber bearbeitet werden kann.

Fig. 132.



Abzweigungen, welche in einer Bleirohrleitung vorkommen, löthet man am zweckmässigsten unter einem Winkel in das Hauptrohr, der dem Wasser möglichst leichten

Fig. 133.

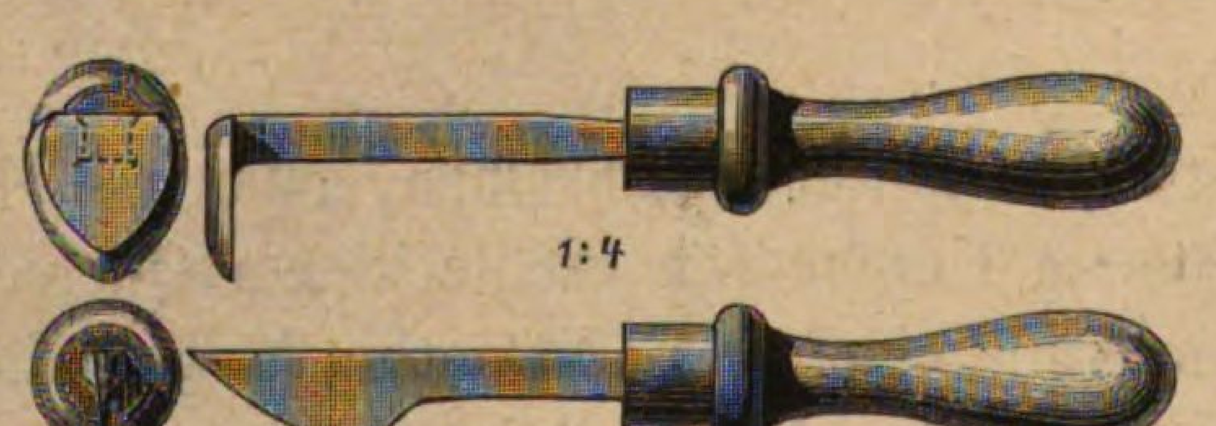
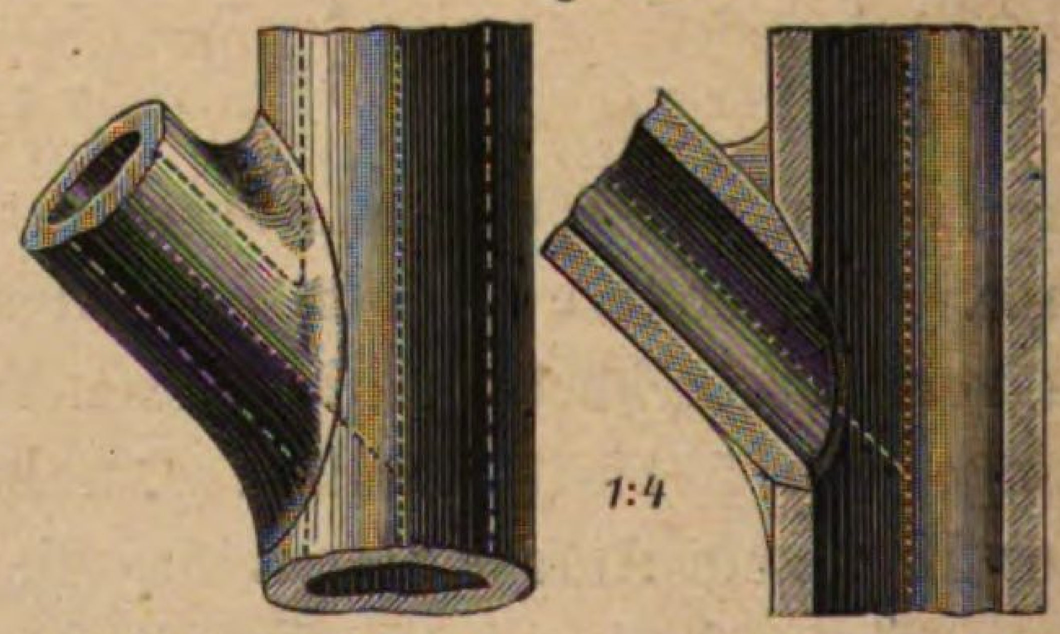


Fig. 134.



Eintritt in die Zweigleitung gestattet. Fig. 134 giebt eine solche Abzweigung und ist aus dieser Skizze ohne Weiteres zu ersehen, wie solche Löthstellen auszuführen sind.

Bleiröhren, die zu Wasserleitungen verwendet werden, müssen aus weichem, doppelt raffinirtem Blei angefertigt sein, und darf die Rohrwandung keine Risse zeigen, wenn das Rohr bis auf den doppelten innern Durchmesser aufgetrieben wird.

Vierter Abschnitt.

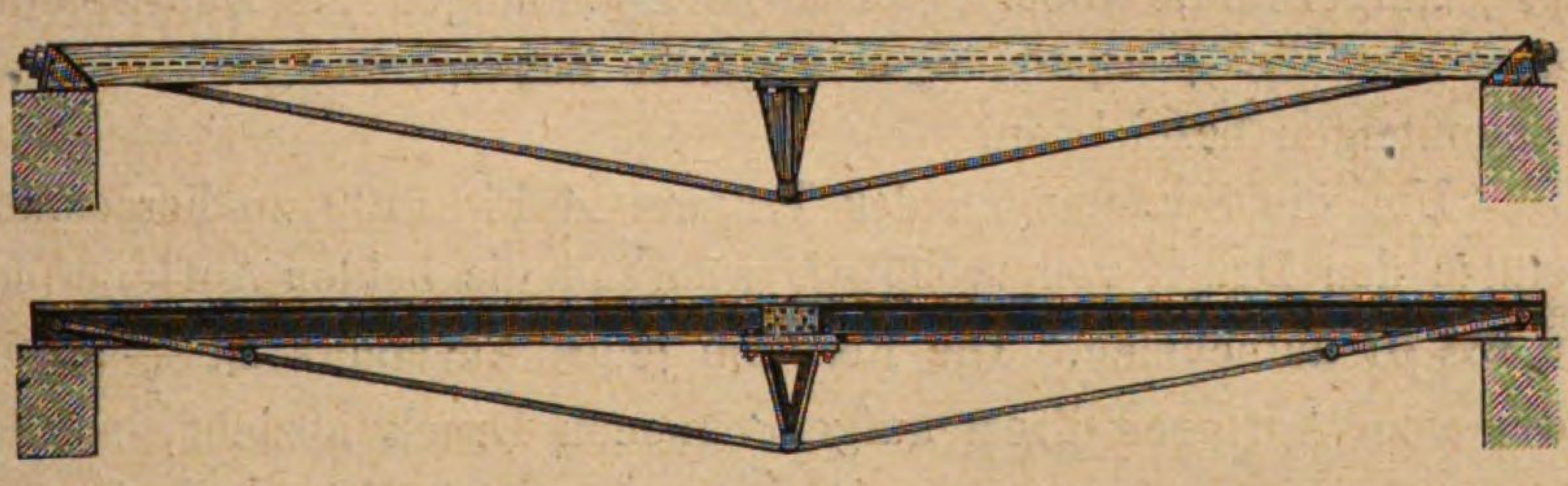
Construction der Träger und Säulen.

I. Armirte Träger.

§. 55. Ausführung der armirten Träger.

In sehr vielen Fällen lassen sich hölzerne und eiserne Balken dadurch wesentlich verstärken, dass sie nach Fig. 135 und 136 mit eisernen Zugstangen und Stützen armirt werden, indem dann der Balken in der Mitte einen Stützpunkt erhält, wobei er aber in seiner Längenrichtung auf Druck in Anspruch genommen wird. Bei hölzernen Balken lässt sich diese Armirung am einfachsten ausführen, wenn man die Balkenenden in der Zugstangenrichtung durchbohrt und sie rechtwinklig zu dieser Richtung abschneidet. Vor diese Balkenenden werden eiserne Platten gelegt, oder der Balken wird in zweckmässig geformte gusseiserne Auflagerschuhe gesteckt, wobei die Zugstange diese geschlossenen Schuhe fest gegen die Balkenenden presst. Die Stützen des armirten Trägers bestehen am besten aus Gusseisen und ist der untere Theil derselben so zu formen, dass die gebogene Zugstange sich in eine entsprechende Höhlung der Stütze legt, während der obere Theil der im Querschnitte kreuzförmigen Stütze eine Flantsche erhält, die durch Holzschrauben am Balken befestigt ist. Die Zugstange hat an ihren beiden Enden Gewinde, damit man durch Anziehen der Schraubenmuttern die Spannung in den einzelnen Theilen des Trägers reguliren kann.

Fig. 135 und 136.



Die gusseisernen armirten Balken lassen sich nach Fig. 136 aus mehreren Theilen herstellen, wobei jedoch die Stossverbindungen auf die Stützen zu legen sind. Um eine feste Verbindung der Zugstange mit den Auflagerenden des Trägers zu ermöglichen, ist es vortheilhaft, die Querschnittform des Balkens nach Fig. 137 zu wählen und die Zugstange durch zwei Flachschienen mittelst Bolzen mit dem Balken zu verbinden. In diesem Falle müssten aber, zur Spannungsregulirung, Schraubenkuppelungen nach Fig. 114 oder 115 in die Zugstange eingeschaltet werden, oder man muss die Flachschienen an dem unteren Ende zusammenschweissen und die Verbindung der beiden mit Gewinde versehenen Ankerenden nach Fig. 138 bewirken.

Fig. 137. Fig. 138.



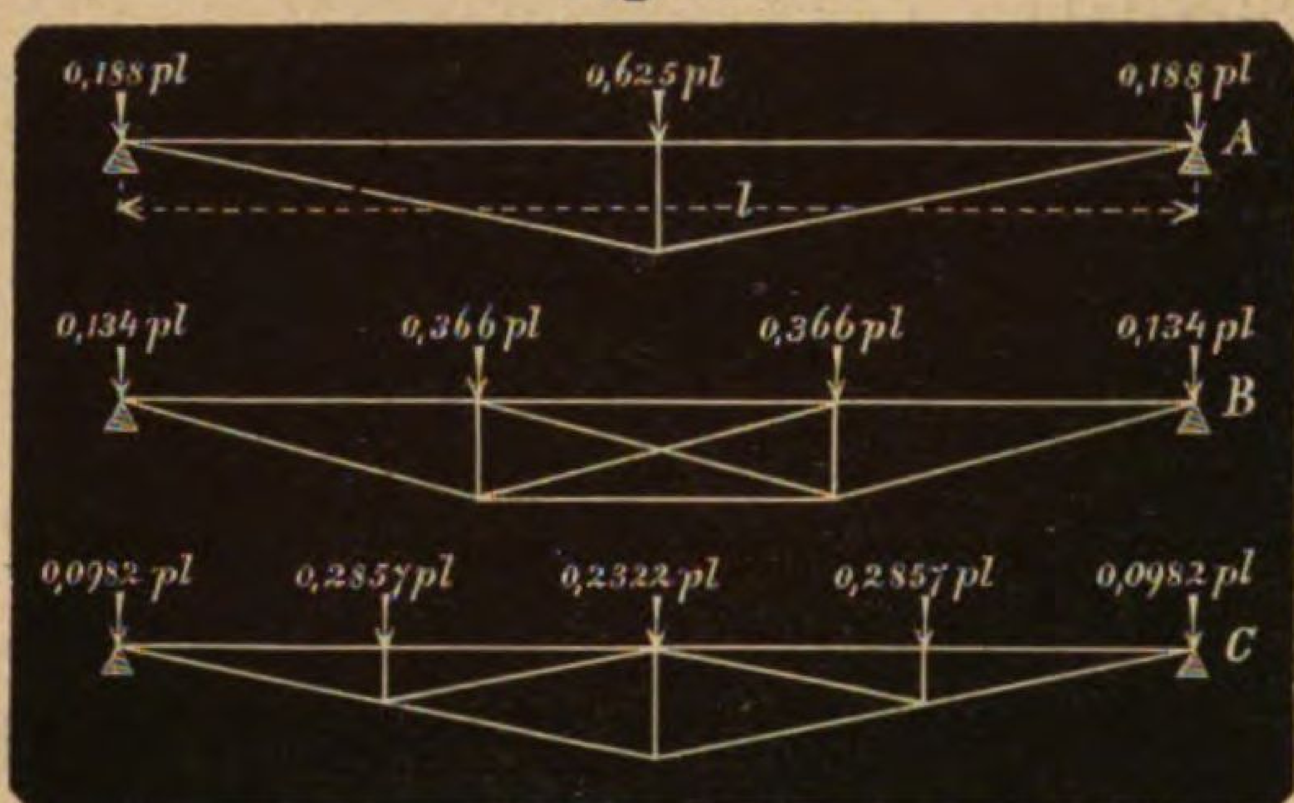
Solche armirte Träger können durch passende Anordnung der Zugstangen zwei, drei und mehrere Stützpunkte erhalten; da aber der Balken in seiner Längenrichtung durch die Zugstangen einen bedeutenden Druck

erfährt, so muss unter allen Umständen dafür gesorgt werden, dass die armirten Träger oben eine genügende Aussteifung erhalten, damit ein seitliches Ausbiegen und ein dadurch hervorgerufenes Zerknicken derartiger Träger nicht vorkommen kann.

§. 56. Bestimmung der Spannungen in den armirten Trägern.

Es sei p eine pro Längeneinheit über den Träger gleichmässig vertheilte Last, die für den ganzen Träger $= pl$ wird. Von dieser Belastung erhalten die einzelnen Stützpunkte die in der Fig. 139 eingeschriebenen Antheile, und man findet die betreffenden Coefficienten von pl, wenn man diejenigen der Fig. 60, 62 und 64 durch resp. 2, 3, 4 . . . dividirt, indem dort l die Entfernung zweier Stützpunkte, hier aber l die ganze Balkenlänge bezeichnet.

Fig. 139.

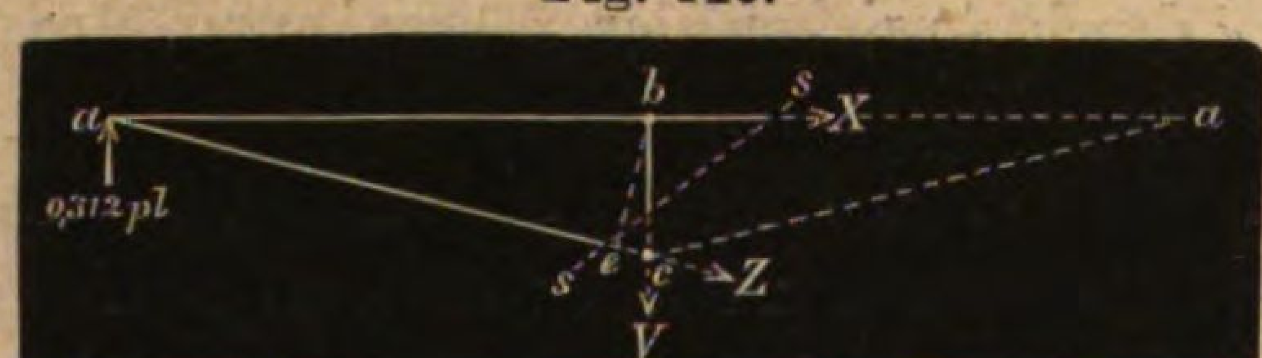


Bei allen fachwerkartig zusammengesetzten Constructionen lassen sich die Spannungen der einzelnen Theile am besten und zweckmässigsten nach der **Ritter'schen Methode***) berechnen. Man durchschneidet hierbei den Träger an einer beliebigen Stelle, doch so, dass wo möglich nur **drei** Verbandstücke geschnitten werden, und betrachtet das abgeschnittene Stück als Hebel, indem man zur Bestimmung einer unbekannten Kraft den **Durchschnittspunkt** der beiden andern Kräfte als **Drehpunkt** annimmt, wodurch die statischen Momente dieser beiden Kräfte wegfallen, da ihre Hebelarme $= 0$ sind. Setzt man in Bezug auf diesen Drehpunkt die statischen Momente aller auf das abgeschnittene Trägerstück einwirkenden Kräfte $= 0$, so erhält man eine Gleichung, aus der die eine unbekannte Kraft leicht ermittelt werden kann.

In dem Folgenden sind die Momente der **rechts** (Drehrichtung der Zeiger einer Uhr) herum drehenden Kräfte **positiv** (+), die Momente der **links** herum drehenden Kräfte **negativ** (—) aufgeführt, wobei sämmtliche Spannungen als Zug-Spannungen angesehen sind, so dass also die +-Spannungen **wirkliche Zug**-Spannungen, die —-Spannungen aber **Druck**-Spannungen bezeichnen.

Um die Spannungen des Trägers A Fig. 139 zu berechnen, hat man für die Mittelstütze den Druck von $0{,}625\, pl$, während die beiden Auflagerpunkte direct den Druck von $0{,}188\, pl$ aufnehmen. Die Reaction jedes Auflagers ist $\frac{pl}{2} = 0{,}5\, pl$; wenn man hiervon den vom Auflager direct aufgenommenen Druck abzieht, so hat man $0{,}5\, pl - 0{,}188\, pl = 0{,}312\, pl$ als Gegendruck der Auflager gegen die Stangenverbindung. Führt man nun den Schnitt ss Fig. 140, so ist zur Berechnung der Spannung X der Durchschnittspunkt c der beiden Kräfte V und Z als Drehpunkt anzunehmen und man erhält die Momentengleichung:

Fig. 140.



$$X \,.\, \overline{bc} + 0{,}312\, pl \,.\, \overline{ab} = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (124)$$

und hieraus:

$$X \,.\, \overline{bc} = -\, 0{,}312\, pl \,.\, \overline{ab}, \text{ oder } X = -\, \frac{0{,}312\, pl \,.\, \overline{ab}}{\overline{bc}} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (125)$$

Hier ist X also eine Druckspannung, ebenso wird die mittlere Stütze bc auf Druck beansprucht und ist die Spannungszahl direct aus A Fig. 139 zu entnehmen.

*) Das sehr empfehlenswerthe von Dr. Ritter, Professor an der polytechnischen Schule zu Aachen, bei C. Rümpler in Hannover erschienene Werk: »Elementare Theorie und Berechnung eiserner Dach- und Brücken-Constructionen« behandelt diese Methode sehr eingehend und anschaulich.

Zur Berechnung der Kraft Z hat man den Durchschnittspunkt b der Kräfte V und X als Drehpunkt, und da Z an dem zu dieser Kraft normalen Hebelarm be wirkt, so hat man die Momentengleichung:

$$-Z\,.\,\overline{be} + 0{,}312\,pl\,.\,\overline{ab} = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (126)$$

und daraus:

$$-Z\,.\,\overline{be} = -0{,}312\,pl\,.\,\overline{ab}\,,\ \text{oder}\ Z = +\frac{0{,}312\,pl\,.\,\overline{ab}}{\overline{be}} \quad . \; . \; . \quad (127)$$

Die Hebelarme der Kräfte kann man bei dergleichen Constructionen mit hinreichender Genauigkeit aus den Zeichnungen abmessen.

Beispiel. *Die Länge eines nach A Fig. 139 armirten Trägers sei* = 10 *Meter, die Höhe* $bc = 1$ *Meter und die gleichmässig vertheilte Last* $p = 500$ *Kilogr. pro Meter Trägerlänge. Man hat nach* (125):

$$X = -\frac{0{,}312\,pl\,.\,\overline{ab}}{\overline{bc}} = -\frac{0{,}312\,.\,500\,.\,10\,.\,5}{1} = -7800\ \textit{Kilogr.},$$

und den Druck in der Mittelstütze:

$$V = -0{,}625\,pl = -0{,}625\,.\,500\,.\,10 = -3125\ \textit{Kilogr.}$$

Zur Bestimmung von Z muss vorher die Länge des Hebelarms $\overline{be}$ *aufgesucht werden. Es ist* $\overline{ac} = \sqrt{ab^2 + bc^2} = \sqrt{5^2 + 1^2} = 5{,}099$ *Meter, und es verhält sich:*

$$\overline{ab} : \overline{ac} = \overline{be} : \overline{bc}\,,\ \textit{oder es ist:}\ \frac{\overline{ab}}{\overline{ac}} = \frac{\overline{be}}{\overline{bc}}\,,$$

und hieraus:

$$\overline{bc} = \overline{bc}\,.\,\frac{\overline{ab}}{\overline{ac}} = 1\,.\,\frac{5}{5{,}099} = 0{,}9806\ \textit{Meter}.$$

Nach (127) *wird nun:*

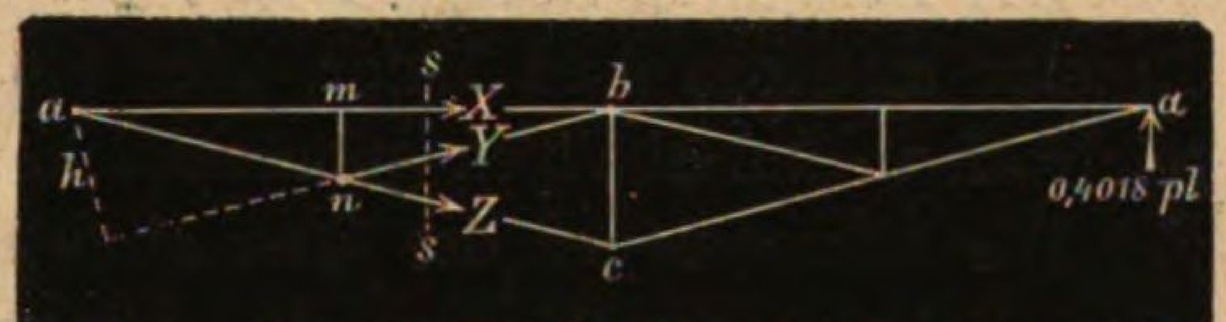
$$Z = +\frac{0{,}312\,pl\,.\,\overline{ab}}{\overline{be}} = +\frac{0{,}312\,.\,500\,.\,10\,.\,5}{0{,}9806} = +7944\ \textit{Kilogr.}$$

Diesen Spannungszahlen müssen die Abmessungen der einzelnen Constructionstheile des Trägers entsprechen.

Armirte Träger mit zwei Stützpunkten wie bei B, Fig. 139, sind im mittleren Felde durch eine diagonale Kreuzverbindung unverschiebbar zu machen, wenn die Stützen eine grössere Höhe erhalten.

Die Spannungen in dem Träger C, Fig. 139, findet man, wenn der Schnitt ss, Fig. 141 geführt wird und für die einzelnen Kräfte die Momentengleichungen aufgestellt werden.

Fig. 141.



Es ist, den Durchschnittspunkt n der beiden Kräfte Y und Z als Drehpunkt des Hebels angenommen:

$$X\,.\,\overline{mn} + 0{,}4018\,pl\,.\,\overline{am} = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (128)$$

und weiter:

$$X\,.\,\overline{mn} = -0{,}4018\,pl\,.\,\overline{am}\,,\ \text{oder}\ X = -\frac{0{,}4018\,pl\,.\,\overline{am}}{\overline{mn}} \quad . \; . \; . \quad (129)$$

Für den Drehpunkt a, als Durchschnittspunkt der Kräfte X und Z, erhält man:

$$-Y\,.\,h + 0{,}2857\,pl\,.\,\overline{am} = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (130)$$

und hieraus:

$$Y\,.\,h = +0{,}2857\,pl\,.\,\overline{am}\,,\ \text{oder}\ Y = +\frac{0{,}2857\,pl\,.\,\overline{am}}{h} \quad . \; . \; . \quad (131)$$

Der Drehpunkt b ist Durchschnittspunkt der Kräfte X und Y, und die Kraft Z wirkt an dem Hebelarm $\overline{be}$, Fig. 140. Für den Drehpunkt b ist die Momentengleichung:

$$-Z\,.\,\overline{be} - 0{,}2857\,pl\,.\,\overline{bm} + 0{,}4018\,pl\,.\,\overline{ab} = 0 \quad . \; . \; . \; . \quad (132)$$

oder:

$$-Z \cdot \overline{be} = pl\,(0{,}2857 \cdot \overline{bm} - 0{,}4018 \cdot \overline{ab})$$

und daraus:

$$Z = + \frac{pl\,(0{,}4018 \cdot \overline{ab} - 0{,}2857 \cdot \overline{bm})}{\overline{be}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (133)$$

Beispiel. *Die Dimensionen und Belastung des Trägers mögen wie im letzten Beispiel angenommen werden. Es ist dann nach* (129)*:*

$$X = -\frac{0{,}4018\,pl \cdot \overline{am}}{\overline{mn}} = -\frac{0{,}4018 \cdot 500 \cdot 10 \cdot 2{,}5}{0{,}5} = -10045 \textit{ Kilogr.}$$

Der Hebelarm der Kraft Y ist gleich dem Hebelarm $\overline{be}$ der Kraft Z in Fig. 140*, es ist daher nach* (131)*:*

$$Y = + \frac{0{,}2857\,pl \cdot \overline{am}}{h} = + \frac{0{,}2857 \cdot 500 \cdot 10 \cdot 2{,}5}{0{,}9806} = +3642 \textit{ Kilogr.}.$$

In Bezug auf den Drehpunkt b ist nach (133)*:*

$$Z = + \frac{pl\,(0{,}4018 \cdot \overline{ab} - 0{,}2857 \cdot \overline{bm})}{\overline{be}} = + \frac{500 \cdot 10\,(0{,}4018 \cdot 5 - 0{,}2857 \cdot 2{,}5)}{0{,}9806} = +6602 \textit{ Kilogr.}$$

Der Theil $\overline{an}$ der Zugstange, Fig. 141*, wird stärker beansprucht, und man hätte zur Berechnung dieses Theiles einen schrägen Schnitt durch die drei Verbandstücke an, mn und bm zu führen.*

II. Gewalzte Träger.

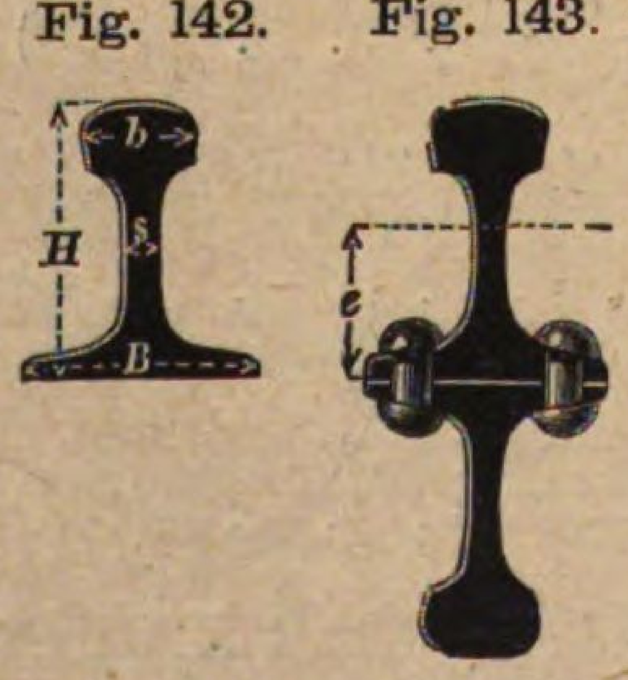
§. 57. Verwendung der Eisenbahnschienen.

Obgleich die Eisenbahnschienen kein günstiges Profil als Träger für Hochbau-Constructionen besitzen, so können sie doch zu manchen Zwecken, wegen ihrer geringen Kosten, vortheilhaft verwendet werden. Nachdem nämlich der Schienenkopf von den Rädern der Eisenbahnfahrzeuge um ein Bestimmtes abgenutzt ist, werden die Schienen von den Bahnverwaltungen verkauft und zwar zu Preisen, welche die des alten Schmiedeeisens wenig übersteigen. Diese Schienen, die ausser der Kopfabnutzung gut erhalten sein können, werden von Eisenhändlern aufgekauft und bilden einen Handelsartikel für Zwecke des Hochbaues.

Die Länge der Schienen ist nicht überall gleich; für die preussischen Bahnen beträgt dieselbe meistens 6,58 Meter, oder 5,65 Meter; die letztere Länge ist auch für die österreichischen Staatsbahnen gebräuchlich.

Die Abmessungen des Querschnittes der Eisenbahnschienen, Fig. 142, sind fast bei allen Bahnen verschieden; im Allgemeinen schwankt die Höhe H zwischen 10,4 und 13,34 Centim.; ausnahmsweise ist für einige Strecken der Köln-Mindener Eisenbahn $H = 22$ Centim. (System **Hartwich**). Die Breite B des Schienenfusses beträgt 9,0 bis 11,43 Centim., die Breite b des Schienenkopfes 5,5 bis 6,1 Centim. und die Stärke s des Steges 1,3 bis 1,7 Centim.

Fig. 142. Fig. 143.



Zur Vergrösserung der Tragfähigkeit werden oft zwei Eisenbahnschienen, mit ca. 15 Millim. starken Nieten in ca. 15 Centim. Entfernung, mit ihren Füssen aneinander genietet, wobei die Tragfähigkeit um etwa das 3fache wächst, während das Gewicht nur um etwas mehr als das Doppelte zunimmt. Kennt man das Trägheitsmoment und den Flächeninhalt der einzelnen Schiene, so lässt sich das Trägheitsmoment der gekuppelten Schiene aus dem Abstande e der neutralen Axen, Fig. 143, nach Formel (29) leicht berechnen. Die Tabelle VIII giebt die Höhen, die Querschnittsfläche und das Gewicht der gebräuchlichsten Eisenbahn-

Tabelle VIII.

Höhe der Schiene in Centim.	Querschnitt der Schiene in □Centim.	Gewicht der Schiene pro laufend. Meter in Kilogr.	Trägheitsmoment		Widerstandsmoment	
			der einzelnen Schiene $J=$	der gekuppelten Schiene $J=$	der einzelnen Schiene $W=$	der gekuppelten Schiene $W=$
10,4	34,8	32,5	475	2810	92	270
11,7	38,9	35,0	682	4052	116	345
13,0	43,1	36,5—37,0	912	5465	140	420

schienen, sowie die Trägheits- und Widerstandsmomente der einfachen und der gekuppelten Schienen.

Beispiel. *Eine einfache Eisenbahnschiene von 13 Centim. Höhe liege auf zwei Stützen, welche 2,5 Meter von einander entfernt sind, es wird gefragt, wie viel gleichmässig vertheilte Last diese Schiene bei entsprechender Sicherheit tragen kann?*

Nach Formel (35), *Seite* 40, *ist:* $\frac{Pl}{8} = Wk$; *diese Formel auf P reducirt ergiebt:* $P = \frac{8\,Wk}{l}$, *und da W auf Centim. bezogen* (*nach Tabelle VIII*) $= 140$ *und k* (*nach Tabelle I, Seite* 27) $= 730$ *Kilogr. ist, so hat man:*

$$P = \frac{8\,Wk}{l} = \frac{8\,.\,140\,.\,730}{250} = 3270\ \textit{Kilogr.}$$

Wirkte die Last in der Mitte der Schiene, so würde die Tragfähigkeit nur halb so gross sein, also $^{3270}/_2 = 1635$ *Kilogr. Dagegen würde eine gekuppelte Schiene von je 13 Centim Höhe eine gleichmässig vertheilte Last tragen können von:*

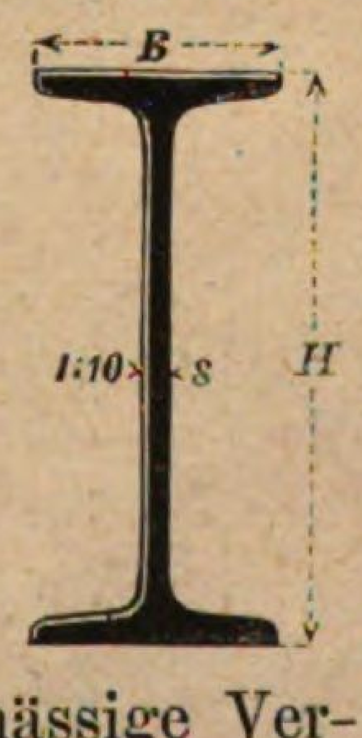
$$P = \frac{8\,Wk}{l} = \frac{8\,.\,420\,.\,730}{250} = 9811\ \textit{Kilogr.}$$

§. 58. Die I-, ⊏- und T-förmigen Träger.

Erfahrungsgemäss ist die Elasticität des Schmiedeeisens gegen Zug und Druck gleich gross und aus diesem Grunde erhalten die gewalzten schmiedeeisernen Träger zu beiden Seiten der neutralen Axe einen symmetrischen Querschnitt und zwar am zweckmässigsten den I-förmigen, welchen man auch den doppelt T-förmigen Querschnitt nennt; derselbe ist in Fig. 144 dargestellt.

Die schwache verticale Rippe, der **Steg**, hat den Zweck, die beiden horizontalen Flantschen zu verbinden und von einander entfernt zu halten, denn nach § 37 und 38 ist es vortheilhaft, das auf Zug und Druck beanspruchte Material möglichst weit von der neutralen Axe anzubringen, weil die Biegungsträgheit eines Balkens wie die dritte Potenz seiner Höhe wächst.

Fig. 144.



Die Art der Anfertigung der I-Eisen ist auf Seite 11 beschrieben und da die Flantschenform in Ober- und Unterwalze eingedreht ist, die Walze aber in ihren verschiedenen Durchmessern verschiedene Winkelgeschwindigkeiten besitzt, so dürfen die Flantschen nicht zu hoch sein, weil sie durch die Walzen sonst leicht vom Stege abgerissen oder doch nicht überall gehörig dicht ausgewalzt werden.

Die Stärke s des Steges der I-Eisen, welche für den Hochbau zweckmässige Verwendung finden, ist für die kleinsten Kaliber 5 Millim., für die grössten 18 Millim.; über diese Grenzen hinaus zu gehen ist nicht vortheilhaft.

Für die Breite der Flantschen wird genommen: $B = 9s$ bis $12s$, und für die Höhe des Trägers: $H = 2B$ bis $3B$. An der Stelle, wo der Steg in die Flantsche übergeht,

müssen, der Festigkeit halber, nach Fig. 145 die Ecken stark abgerundet sein und ist die Flantsche nach aussen etwas schräg zu machen und am Ende ebenfalls etwas abzurunden, damit die Walzen bei der Anfertigung der I-Eisen eine beständige Pressung auf die Flantsche ausüben und sie möglichst dicht herstellen. Man findet gewöhnlich die Flantschstärke am Stege $a = 1{,}4\,s$ bis $1{,}5\,s$, und die äussere Stärke derselben $e = 0{,}8\,s$ bis $1{,}1\,s$. Bei Berechnung des Trägheits- und Widerstandsmomentes eines I-Eisens hat man für die Stärke der Flantsche das arithmetische Mittel $\frac{a+e}{2}$ zu setzen.

Fig. 145.



Beispiel. *Es soll das Trägheits- und Widerstandsmoment eines I-Trägers bestimmt werden, dessen auf Fig.* 144 *und* 145 *bezüglichen Abmessungen die folgenden sind:* $s = 1{,}1$ *Centim.*, $B = 11{,}5$ *Centim.*, $H = 25$ *Centim.*, $a = 1{,}7$ *Centim. und* $e = 1$ *Centim.*

Nach No. 9 *Tabelle III, Seite* 36, *hat man:*

$$J = \frac{B\,H^3 - b\,h^3}{12}, \quad und \quad W = \frac{B\,H^3 - b\,h^3}{6\,H}.$$

In Bezug auf die obigen Abmessungen des Trägers ist: $B = 11{,}5$, $H = 25$, $b = B - s = 11{,}5 - 1{,}1 = 10{,}4$ *und* $h = H - 2\left(\frac{a+e}{2}\right) = 25 - 2\left(\frac{1{,}7+1}{2}\right) = 22{,}3$ *Centim. Diese Zahlenwerthe in obige Formeln substituirt ergiebt:*

$$J = \frac{11{,}5\,.\,25^3 - 10{,}4\,.\,22{,}3^3}{12} = 5363, \quad und \quad W = \frac{11{,}5\,.\,25^3 - 10{,}4\cdot 22{,}3^3}{6\,.\,25} = 429.$$

Dieser I-Träger wiegt pro laufenden Meter 43,2 *Kilogr., während das Gewicht der gekuppelten Eisenbahnschienen von je* 13 *Centim. Höhe, ohne die verbindenden Nieten, (nach Tabelle VIII)* 74 *Kilogr. pro laufenden Meter beträgt, obgleich das Widerstandsmoment nur* 420 *ist. Die Unzweckmässigkeit der Eisenbahnschienen als Träger ist daher leicht einzusehen.*

Beim Auswalzen der I-Eisen wiegen die Packete im Allgemeinen 500 bis 600 Kilogr., wodurch die Länge der Träger begrenzt ist, denn schwerere Stücke lassen sich nicht so schnell handhaben, dass die Auswalzung der Packete in **einer** Hitze erfolgen könnte; man wird also bei schwereren Gegenständen veranlasst, dieselben wiederholt in den Flammofen zu bringen, was einen Mehraufwand an Brennmaterial und Arbeitslohn erfordert, so dass sich die Preise für ungewöhnlich schwere Gegenstände wesentlich erhöhen. Die Hüttenwerke nehmen für die gewöhnlichen Walzeisensorten, die ohne Beschwerlichkeit angefertigt werden können, einen **Grundpreis** an, der je von den Conjuncturen des Eisens abhängt, und für die mühsamer herzustellenden Gegenstände berechnen sie einen Ueberpreis, der nach der Mühe und den Mehrkosten bemessen ist. Die **Burbacher Hütte** bei Saarbrücken berechnet pro 1000 Kilogr. einen Ueberpreis für I-Eisen von:

10 bis 23	Centim. Höhe, bei der Länge von	8 Meter	= Grundpreis
10 - 23	- - - - - -	10 -	= 12 Mark
10 - 23	- - - - - -	12 -	= 24 -
25 - 26	- - - - - -	8 -	= 18 -
25 - 26	- - - - - -	10 -	= 36 -
25 - 26	- - - - - -	12 -	= 54 -
30 - 32	- - - - - -	8 -	= 36 -
30 - 32	- - - - - -	10 -	= 54 -
30 - 32	- - - - - -	12 -	= 72 -
40	- - - - - -	8 -	= 48 -
40	- - - - - -	10 -	= 72 -

Der Grundpreis beträgt im Durchschnitt 200 bis 216 Mark pro 1000 Kilogr.

Das I-Eisen von 40 Centim. Höhe ist das grösste, welches überhaupt in Deutschland hergestellt wird. Ausser den vorstehenden Preisen berechnet das Hüttenwerk noch für I-Eisen von mehr als 4 Meter Länge, wenn die Stäbe auf **genaue** Längen abgeschnitten

werden sollen, pro 1000 Kilogr. 6 bis 9 Mark; den letzteren Preis für die kleinsten, den ersteren für die grössten Profile. Stäbe unter 4 Meter Länge, auf genaue Längen geschnitten, kosten pro Stück $^1/_2$ bis 2 Mark, je nach der Grösse des Profils.

Die Dimensionen der I-Träger von den verschiedenen Hüttenwerken, sowie die Gewichte pro laufenden Meter Länge und die Trägheits- und Widerstandsmomente der einzelnen Profile findet man in der betreffenden Tabelle des Anhanges.

Auf Seite 11 ist die Methode angegeben, wie die in Fig. 146 dargestellten E-Eisen gewalzt werden. Die Stegstärke s dieser Träger variirt zwischen 6 und 14 Millim., je nach der Höhe derselben, wobei die Flantschbreite $B = 4\,s$ bis $9\,s$ beträgt, während die Höhe $H = 1{,}5\,B$ bis $3\,B$ ist. Die Flantschen sind ebenso geformt wie beim I-Eisen in Fig. 145. Von diesen E-Eisen sind in den Walzwerken zahlreiche Profile von den verschiedensten Dimensionen vorhanden, denn diese Form findet sowohl im Hochbau wie namentlich aber im Brückenbau vielfache Verwendung.

Fig. 146.

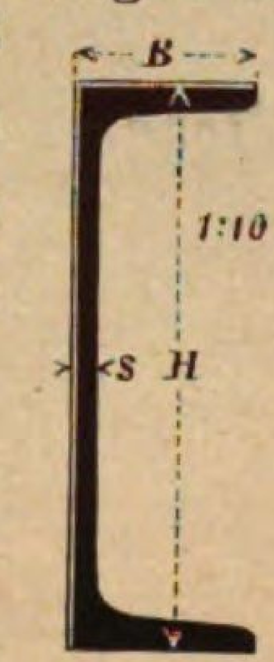
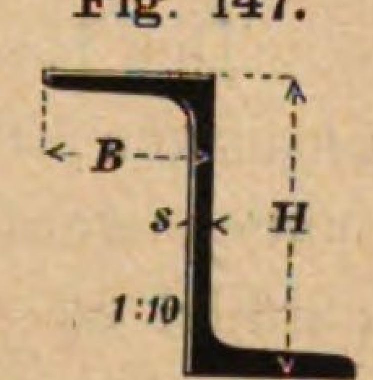


Fig. 147 zeigt einen Z-förmigen Träger, welche Form jedoch nicht oft vorkommt, denn z. B. besitzt die **Burbacher Hütte** nur ein derartiges Profil von $H = 15{,}7$, $B = 9$, $s = 1{,}2$, $a = 1{,}25$ und $e = 1{,}1$ Centim. Für das Hallendach der Ostbahn in Berlin ist ein solches Profil zu den armirten Fetten benutzt worden.

Die Trägheits- und Widerstandsmomente der beiden Trägerformen, Fig. 146 und 147, lassen sich in derselben Weise auffinden, wie in dem letzten Beispiele beim I-Eisen angedeutet ist, denn hierbei weicht nur die Stellung der Flantschen in Bezug auf den Steg von der I-Form ab, was keinen weiteren Einfluss auf die Tragfähigkeit hat.

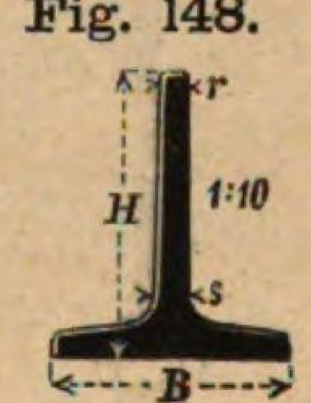
Fig. 147.



Die gewalzten einfachen T-Eisen, Fig. 148, kommen eigentlich nur als Zwischenträger vor, oder sie werden in Verbindung mit anderen Façoneisen zu Aussteifungen gebraucht, auch dienen dieselben in vielen Fällen als Glassprossen für Oberlichte.

Das dichte Auswalzen der T-Eisen bedingt eine verjüngte Form des Steges, dessen Stärke an der Flantsche $= s$ und am äussersten Theil $= r$ ist. Für die Flantschstärke mögen die Bezeichnungen a und e in Fig. 145 dienen. Man findet die in der Praxis gebräuchlichen Verhältnisse: $B = 6\,s$ bis $8\,s$, $H = B$ bis $1{,}6\,B$, $r = 0{,}7\,s$ bis $0{,}9\,s$, $a = s$ bis $1{,}2\,s$ und $e = 0{,}7\,s$ bis s.

Fig. 148.



Zur genauen Berechnung des Trägheits- und Widerstandsmomentes der T-Eisen dienen die unter No. 14 Tabelle III, Seite 37, gegebenen Formeln, oder die Näherungsformeln in Tabelle IV. Um die Lage der neutralen Axe zu bestimmen, schneide man den Querschnitt in Carton aus und suche die neutrale Axe durch Abwiegen auf einer Messerschneide.

Beispiel. *Ein T-Eisen habe die Dimensionen:* $H = 11{,}5$, $B = 9{,}6$, $s = 1{,}4$, $r = 1{,}0$, $a = 1{,}4$ *und* $e = 1{,}0$*; das Trägheits- und Widerstandsmoment dieses Querschnittes soll aufgesucht werden. Da hier H annähernd = B ist, so wird nach Tabelle IV:*

$$J = {}^1/_5 \,.\, s \,.\, d^3, \text{ und } W = {}^3/_{10} \,.\, s \,.\, d^2.$$

Für s ist in diese Formeln das arithmetische Mittel $\frac{s+r}{2} = \frac{1{,}4+1}{2} = 1{,}2$ *zu setzen, und da das arithmetische Mittel* $\frac{a+e}{2} = \frac{1{,}4+1}{2} = 1{,}2$ *ist, so wird:*

$$d = H - \frac{1{,}2}{2} = 11{,}5 - 0{,}6 = 10{,}9.$$

Diese Werthe substituirt ergiebt:

$$J = {}^1/_5 \,.\, 1{,}2 \,.\, 10{,}9^3 = 310{,}8, \text{ und } W = {}^3/_{10} \,.\, 1{,}2 \,.\, 10{,}9^2 = 42{,}7.$$

Zur genauen Bestimmung des Trägheitsmomentes ist aus Tabelle III:

$$J = \frac{1}{12}\left[\frac{(B\,H^2 - b\,h^2)^2}{B\,H - b\,h} - \frac{4\,B\,H\,b\,h\,(H-h)^2}{B\,H - b\,h}\right].$$

Die Dimensionen b und h sind hier:

$$h = H - 1{,}2 = 11{,}5 - 1{,}2 = 10{,}3; \text{ und } b = B - 1{,}2 = 9{,}6 - 1{,}2 = 8{,}4;$$

man erhält daher:

$$J = \frac{1}{12}\left[\frac{(9{,}6 \,.\, 11{,}5^2 - 8{,}4 \,.\, 10{,}3^2)^2 - 4 \,.\, 9{,}6 \,.\, 11{,}5 \,.\, 8{,}4 \,.\, 10{,}3\,(11{,}5 - 10{,}3)^2}{9{,}6 \,.\, 11{,}5 - 8{,}4 \,.\, 10{,}3}\right] = 306{,}4.$$

Der Abstand v der am stärksten gespannten Faser von der neutralen Axe ist für dieses Profil gleich 8,1 *Centim., daher ist:*

$$W = \frac{J}{v} = \frac{306{,}4}{8{,}1} = 37{,}8.$$

Die Werthe, welche die Näherungsformeln ergeben, sind etwas zu gross, weil die Höhe = Breite des T-Eisens angenommen wurde, während $H > B$ *ist.*

III. Blechträger.

§. 59. Construction der Blechträger.

Die für grössere Belastungen und Spannweiten erforderlichen schmiedeeisernen Träger lassen sich wegen ihres grossen Gewichtes nicht mehr aus **einem** Stücke walzen, sondern solche Träger werden aus mehreren Constructionstheilen zusammengenietet.

Der Hauptsache nach bestehen die Blechträger aus zwei horizontalen Streckbalken, **Gurtungen**, die durch eine verticale **Blechwand** mit einander verbunden sind. Die Gurtungen werden aus je zwei Winkeleisen gebildet, welche in der ganzen Länge des Trägers parallel zu einander durchlaufen und auf die, wenn es zur Vergrösserung des Widerstandsmomentes erforderlich wird, noch **Deckplatten** (Lamellen) genietet werden. Fig. 149 zeigt den Querschnitt eines Blechträgers **ohne** Decklatten; Fig. 150 dagegen die Ansicht und Fig. 151 den Querschnitt eines Blechträgers **mit** Deckplatten. Die erstere Querschnittform ist der letzteren immer **vorzuziehen,** wenn man durch grössere Höhe des Blechträgers genügende Tragfähigkeit für gegebene Verhältnisse erzielen kann, denn die Nietlöcher für die Deckplatten verschwächen den Querschnitt der Gurtungen und bedingen einen nicht unerheblichen Materialverlust.

Fig. 149.



Fig. 150.

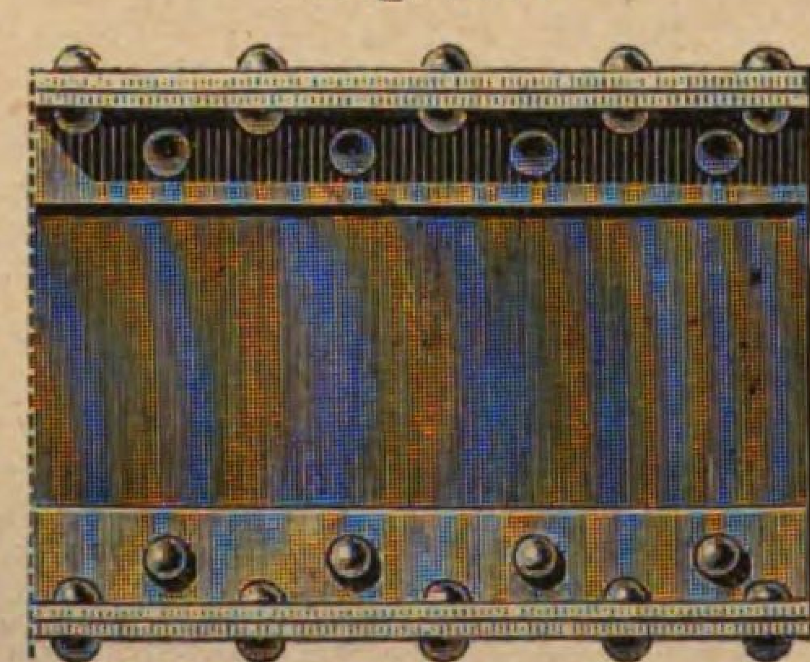


Fig. 151.



Man verwendet für Blechträger ohne Deckplatten auch zweckmässig Winkeleisen von ungleichen Schenkelstärken, denn indem man dem äusseren Schenkel grössere Dimensionen giebt als jenem, der an der Blechwand festgenietet ist, wird das Material mehr von der neutralen Axe entfernt angebracht, und somit vortheilhafter verwendet.

Die Deckplatte wird entweder so breit ausgeführt, wie die beiden Winkeleisen und die Blechwand zusammengenommen, oder breiter, an jeder Seite 2 bis 3 Centim. und darüber, über das Winkeleisen vortretend, dabei kann die Deckplatte aus **einem** oder aus **mehreren** über einander gelegten Blechen bestehen.

Fig. 152.



Anstatt der verticalen Blechwand, mit den daran genieteten Winkeleisen, können auch in geeigneten Fällen gewalzte I-Eisen, nach Fig. 152, mit Deckplatten versehen werden, wodurch die Tragfähigkeit des Trägers wesentlich zunimmt; die Nieten sind dann in den Reihen so abwechselnd zu setzen, dass der Gurtungs-Querschnitt oben und unten nur durch **ein** Nietloch geschwächt wird. In der unteren auf Zug beanspruchten Gurtung braucht die Deckplatte nur an den Trägerenden gehörig fest vernietet zu sein, da ein inniger Verband mit dem I-Eisen auf der ganzen Länge des Trägers nicht erforderlich ist; die Nieten können

in der unteren Gurtung also grosse Entfernungen von einander haben. Die obere gedrückte Deckplatte dagegen muss in so dichten Abständen auf der ganzen Trägerlänge mit dem I-Eisen vernietet werden, dass ein Ausbauchen der Deckplatte nicht vorkommen kann.

Beispiel. *In dem ersten Beispiel des* §. 58 *hat der I-Träger ein Widerstandsmoment von* 429, *dasselbe soll durch aufgenietete Deckplatten von entsprechenden Dimensionen auf* 720 *gebracht werden.*

Nach Formel (22) *und Fig.* 152 *ist für das noch fehlende Widerstandsmoment:* $W = \frac{B}{6\,H}(H^3 - h^3)$; *diese Formel auf B reducirt ergiebt:* $B = \frac{6\,H\,W}{H^3 - h^3}$. *Nimmt man der Einfachheit halber an, dass das I-Eisen seinen vollen Querschnitt behalte, dass dagegen jede Deckplatte durch* **zwei** *Nietlöcher geschwächt werde, so ist das noch erforderliche Widerstandsmoment* = 720 — 429 = 291. *Setzt man die Stärke der Deckplatte* = 1 *Centim., so ist* $h = 25$ *und* $H = 27$ *Centim.; diese Werthe in die obige Formel substituirt ergeben:*

$$B = \frac{6\,H\,W}{H^3 - h^3} = \frac{6 \,.\, 27 \,.\, 291}{27^3 - 25^3} = 11{,}6 \textit{ Centim.}$$

Hierzu die Breite für zwei Nietlöcher von je 2 *Centim. Durchmesser addirt, ergiebt als ganze Breite der Deckplatte:*

$$11{,}6 + 4 = 15{,}6 \textit{ Centim.}$$

Bei Hochbau-Constructionen ist oft nicht die genügende Höhe vorhanden, um den Blechträgern, bei mässiger Stärke der Deckplatten, die erforderliche Tragfähigkeit geben zu können, ohne die Breite des Trägers ausserordentlich gross zu nehmen. Die Seitensteifigkeit würde aber bei Anwendung **einer** verticalen Blechwand für sehr breite Träger zu gering werden, und aus diesem Grunde bringt man in solchen Fällen **zwei** Blechwände an, wobei zwischen den Blechwänden ein rechteckiger kastenförmiger Raum entsteht, der die Veranlassung gegeben hat, diese Blechträger **Kastenträger** zu nennen. Das Profil eines Kastenträgers ist in Fig. 153 angedeutet. Die Winkeleisen der verticalen Blechwände können hier nur an der Aussenseite des Trägers mit den Deckplatten vernietet werden, da man im Innern des Trägers keine Nietung anbringen kann Auch für Kastenträger können die Blechwände und Winkeleisen zuweilen vortheilhaft durch gewalzte E-Eisen ersetzt werden, wie dies Fig. 154 zeigt. In beiden Fällen ist aber für zweckmässige **Aussteifung** der Verticalwände Sorge zu tragen, damit diese schwachen Bleche nicht einknicken können.

Fig. 153.

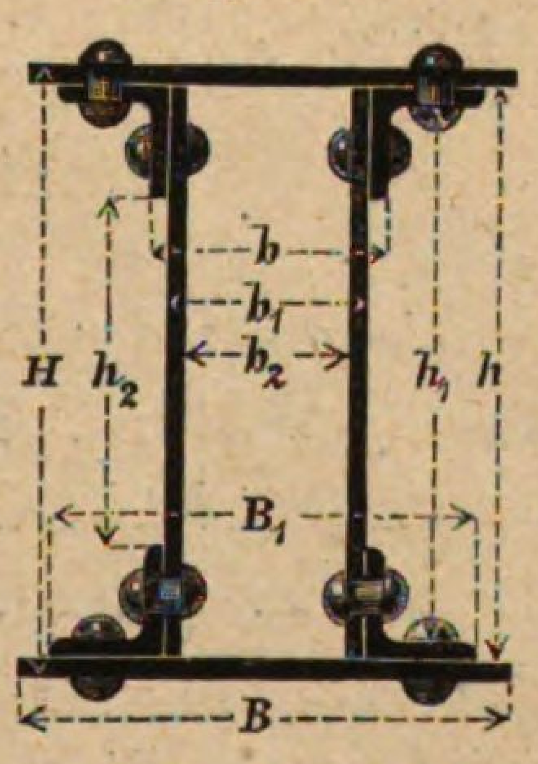
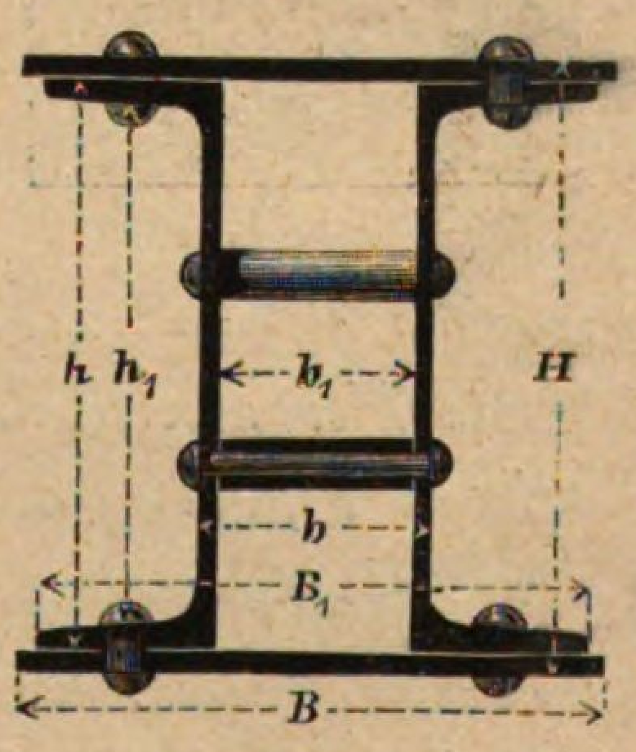


Fig. 154.



Als zweckmässiges Aussteifungsmittel dienen die Stehbolzen, Fig. 154, die aus Gasrohrstücken, aus gerollten Blechbüchsen, oder aus Gusseisen bestehen, und durch welche Nieten oder Schrauben gezogen werden, um die Wände zusammenzuhalten. Diese Stehbolzen vertheilt man in Form gleichseitiger Dreiecke über die ganze Länge des Trägers. An den Auflagern und an den Punkten, wo ein Blechträger beträchtliche Belastungen aufzunehmen hat, müssen ebenfalls Aussteifungen, und zwar in verticaler Richtung angebracht werden, was durch Winkel- oder T-Eisen bewirkt wird, die mit Verkröpfungen über die verticalen Schenkel der Gurtungs-Winkeleisen übergreifen und mit diesen sowohl wie mit der Blechwand durch Nietung verbunden sind.

§. 60. Stossverbindungen der Verticalwand und der Gurtung.

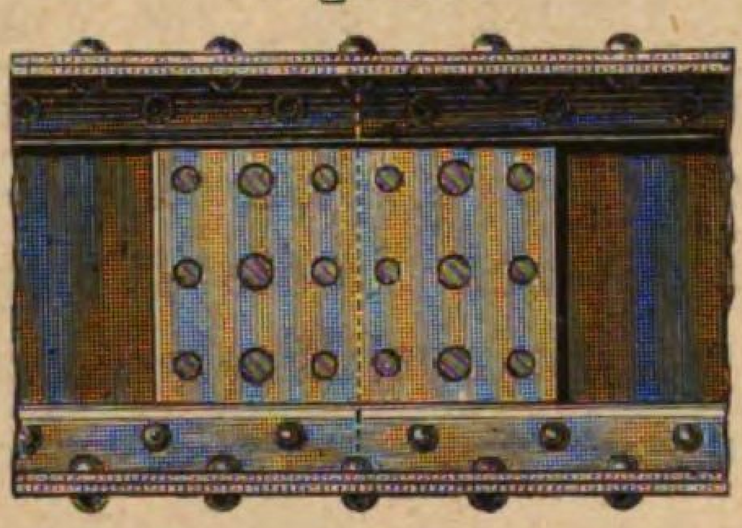
Die Bleche zu den im Hochbau vorkommenden Blechträgern, bis ca. 60 Centim. Höhe, werden meistens als Flacheisen ausgewalzt und sind in grossen Längen von den Hüttenwerken zu beziehen. Sie werden, wenn das Gewicht der einzelnen Stäbe unter 250 Kilogr.

beträgt, zum Grundpreise berechnet; schwerere Stäbe, bis zu 300 Kilogr., haben einen Ueberpreis von ca. 12 Mark, und Stäbe von 300 bis 400 Kilogr. einen solchen von ca. 30 Mark.

Da aber Flacheisen von grossen Längen beschwerlich zu transportiren und zu richten sind, so nimmt man dieselben lieber kürzer und verbindet sie, bei langen Trägern, durch Stossplatten. Dasselbe geschieht bei den Gurtungen; doch ist als Regel zu beachten, dass Stösse in der Verticalwand und in den Gurtungen nicht zusammentreffen dürfen, sondern, dass sie der Festigkeit wegen möglichst weit von einander entfernt liegen müssen, auch darf im Allgemeinen der Stoss der Deckplatten nicht mit den Stössen der Winkeleisen zusammenfallen, wenn überhaupt Stossverbindungen im Winkeleisen erforderlich werden.

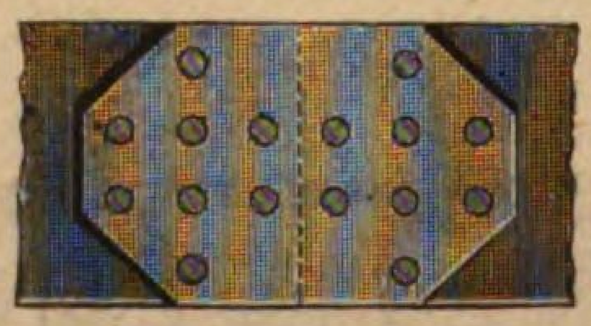
Der Stoss der Verticalwand ist aus den in §. 47 besprochenen Gründen, wenn irgend ausführbar, nach Fig. 103, mit doppelten Stossplatten zu vernieten, wobei alsdann die Niete in **zwei** Querschnitten (zweischnittig) auf Abscheerung in Anspruch genommen werden. Hierbei muss die Summe der Querschnittflächen der zu jeder Seite des Stosses liegenden Nietschnitte eben so gross sein, wie der Querschnitt des durch die erste Nietreihe verschwächten Bleches. Damit also der Stoss die grösstmögliche Festigkeit erreicht, muss, nach Fig. 155, die dem Stoss zunächst liegende und die äusserste Nietreihe die schwächsten oder wenigsten, dagegen die mittleren Nietreihen die stärksten oder meisten Nieten enthalten. Aus praktischen Gründen ist es aber vorzuziehen, Nieten von gleichgrossem Durchmesser zu verwenden, und hat man daher den äusseren Nietreihen **weniger**, den inneren **mehr** Nieten zu geben, wobei in Betreff der Nietvertheilung die Figuren 97 bis 101 zu berücksichtigen sind. Fig. 156 zeigt eine derartige Nietanordnung; die mittleren Reihen haben je 4, die äusseren und inneren Reihen je 2 Nieten, so dass also auf jeder Seite des Stosses 8 Nieten liegen, die bei doppelten Stossplatten zweischnittig beansprucht werden, daher 16 Nietquerschnitte darbieten.

Fig. 155.



Beispiel. *Eine Blechwand von 0,8 Centim. Stärke und 30 Centim. Höhe soll durch Stossplatten zu beiden Seiten der Wand verbunden werden. Die Querschnittfläche der Blechwand wäre in diesem Falle* $= 0{,}8 . 30 = 24$ □ *Centimeter, und der Nietdurchmesser* $= 2 . 0{,}8 = 1{,}6$ *Centim. Die Querschnittfläche des Nietschaftes ist dann:*

Fig. 156.



$$\frac{D^2 \pi}{4} = \frac{1{,}6^2 . 3{,}142}{4} = 2{,}0 \ \square \ \textit{Centim.},$$

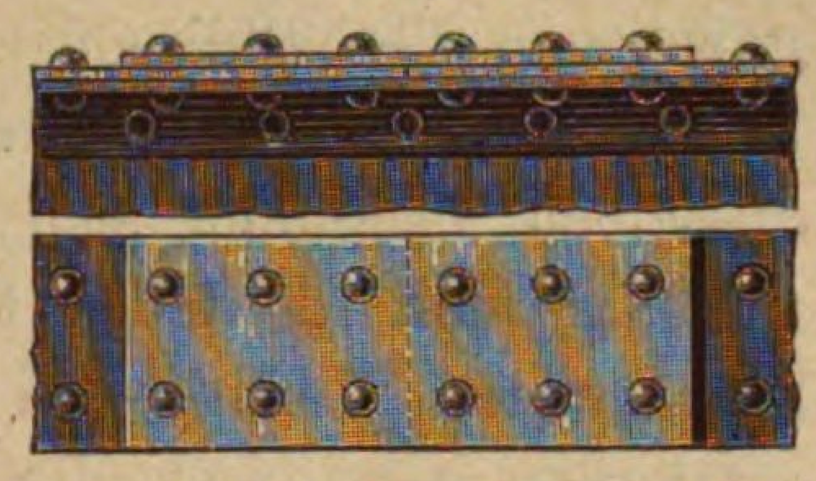
wonach $^{24}/_2 = 12$ *Nietschnitte an jeder Seite des Stosses erforderlich sind. Da aber die Niete hier zweischnittig beansprucht werden, so sind auch nur* $^{12}/_2 = 6$ *Niete erforderlich. Die in Fig. 100 oder 101 dargestellte Nietvertheilung ist für diesen Fall brauchbar, wobei der volle Blechquerschnitt nur durch 1 Nietloch verschwächt wird, so dass der noch vorhandene Blechquerschnitt* $= 0{,}8\ (30 - 1{,}6) = 22{,}72$ □ *Centim. ist; die Nietschnitte haben daher einen etwas grössern Querschnitt als das durch die erste Nietreihe verschwächte Blech, was jedoch nicht nachtheilig ist. Jede Stossplatte erhält zweckmässig* $4^1/_2$ *bis 5 Millim. zur Stärke.*

Die Stossplatten der Gurtung können in der Regel nur einseitig angebracht werden, was deshalb weniger nachtheilig ist, weil die Deckplatte durch die Winkeleisen ausgesteift wird und eine Biegung der Nieten aus diesem Grunde nicht eintreten kann. Die Stärke der Stossplatte ist etwas grösser oder gleich der Stärke der Deckplatten zu nehmen und die Anzahl der Nieten, zu jeder Seite der Stossfuge, bestimmt sich, wie im vorhergehenden Beispiele angedeutet ist.

Nach Fig. 157 wird der Gesammtquerschnitt, der **Brutto-Querschnitt**, der Deckplatte und der beiden Winkeleisen von zwei Nietlöchern durchbrochen, das Material der Nietlöcher geht also bei der auf Zug beanspruchten Seite des Trägers verloren und muss von

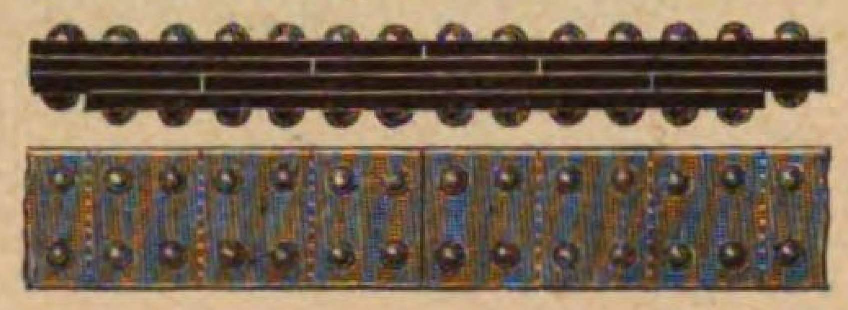
dem Brutto-Querschnitte abgezogen werden, der übrig bleibende Querschnitt, der **Netto-Querschnitt**, muss daher noch so gross sein, dass die Angriffsmomente die Flächeneinheit des Querschnittes nur mit der zulässigen Belastung k (Tabelle I) beanspruchen. Bei dem Stoss der Deckplatte in Fig. 157 ist der Netto-Querschnitt des Stosses gerade so gross, wie der Netto-Querschnitt der Deckplatte.

Fig. 157.



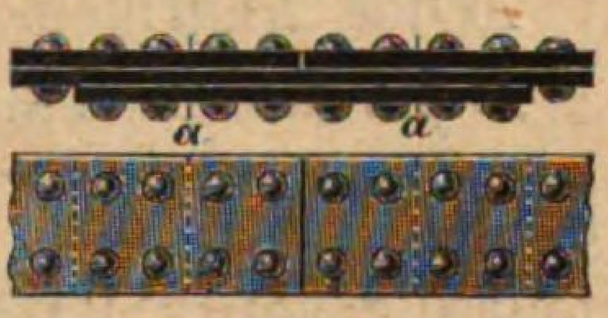
Sind mehrere über einander liegende Deckplatten an derselben Stelle zu verbinden, so kann dies, wie in Fig. 158, durch Wiederholung der einfachen Stossverbindung geschehen, wobei die äussere Stossplatte über sämmtliche Stossfugen reichen und so oft die zum ersten Stoss erforderliche Nietzahl erhalten muss, wie die Zahl der zu verbindenden Deckplatten angiebt.

Fig. 158.



Zuweilen wird es nothwendig, dass eine durchgehende Deckplatte zwischen der Stossplatte und einer zu stossenden Deckplatte liegt. Für diesen Fall, Fig. 159, erhält die einfache Stossplatte eine doppelte Länge und Nietzahl, denn die Verbindung ist so anzusehen, als ob zwei Stösse bei *a a* lägen. Eine solche Stossverbindung*) ist in Fig. 160 dargestellt, wobei der Stoss des Winkeleisens mit dem Stoss einer Deckplatte zusammenfällt. Diese Stossverbindung liegt in der unteren auf Zug beanspruchten Gurtung des Trägers und die einfache Stossplatte hat zu jeder Seite der Stossfuge 8 Nieten nöthig, da aber zwischen der Stossplatte und der gestossenen Deckplatte eine andere durchgehende Deckplatte vorkommt, so sind an jeder Seite der Stossfuge 2 . 8 = 16 Nieten erforderlich und diese sind in der in Fig. 160 angegebenen Weise zu gruppiren. Wäre die Gurtung nach der in Fig. 158 gegebenen Form auszuführen, so müssten die einzelnen Nietgruppen so oft wiederholt werden, wie zu stossende Deckplatten vorhanden sind.

Fig. 159.



Stösse in den Winkeleisen verbindet man gewöhnlich durch zwei Flacheisen, wie es auch in der Stossverbindung Fig. 160 vorkommt. Die Winkeleisen liegen hier nicht dicht an der verticalen Wand, sondern es ist etwas Zwischenraum vorhanden, der an den Nietstellen durch Blechzwischenlagen ausgefüllt ist. Hinter dem 9 Centim. hohen Winkeleisen konnte deshalb ein 39,2 Centim. langes Flacheisen gelegt werden, welches durch zwei Stück 2,6 Centim. starke Nieten an jeder Seite der Stossfuge mit dem verticalen Bleche und dem Winkeleisen vernietet ist. Ein anderes Flacheisen von 31,5 Centim. Länge überdeckt den horizontalen Schenkel des Winkeleisens und ist mit diesem und den beiden je 1,3 Centim. starken, 39,2 Centim. breiten Deckplatten vernietet, wodurch der Stoss vollständige Festigkeit erreicht hat.

Fig. 160.



Mitunter wird auch der Winkeleisenstoss durch die **Deckwinkel**, Fig. 161, verbunden. Diese sind entweder in der Weise des schwarzen Querschnittes, oder in der Form des ganzen Querschnittes ausgewalzt und müssen dieselben zu dem Profil des Winkeleisens passend sein. Da aber die Hüttenwerke solche nicht für alle Winkelprofile passend liefern, so kommen sie nicht regelmässig im Handel vor und sind nur umständlich zu beziehen, weshalb man dieselben meistens auch nicht anwendet. Der Querschnitt solcher Deckwinkel muss natürlich mindestens so gross sein wie der Querschnitt der zu stossenden Winkeleisen.

Fig. 161.



*) Dieselbe wurde von den Trägern der Brahe-Brücke in Bromberg entlehnt, welche von dem bekannten genialen Eisenconstructeur Herrn Geheimen-Baurath **J. W. Schwedler** in Berlin ausgeführt und in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1870, S. 21 ausführlich mitgetheilt ist.

§. 61. Dimensionen und Tragfähigkeit der Blechträger.

Die Höhe eines Trägers mit parallelen Gurtungen ist im Hochbau meistens von gegebenen Verhältnissen abhängig. Im Allgemeinen erhält der Träger $^1/_{10}$ bis $^1/_{15}$ seiner Länge, von Mitte zu Mitte der Auflager, zur Höhe. Die Stärke und Breite der Gurtung desselben bestimmt sich, nachdem die Höhe festgestellt ist, aus dessen Belastung, und hat man für jeden Fall zu untersuchen, bei welcher Anordnung man öconomisch die meisten Vortheile erzielt. Breitere Gurtungen dürften zweckmässiger sein, als stärkere, weil durch die Nietlöcher um so mehr Material verloren geht, je stärker die Gurtung ist.

Bezeichnet man mit:

l die freie Länge eines Trägers zwischen den Mitten der Stützen,
H die Höhe des Trägers, d. i. der Abstand der Schwerpunkte der Gurtungsquerschnitte,
s die Stärke der verticalen Blechwand,
f den Netto-Querschnitt der Blechwand,
F den Netto-Querschnitt einer Gurtung,
k die pro Flächeneinheit zulässige Belastung,
p die gleichmässige Belastung pro Längeneinheit,
M das Angriffsmoment der äusseren Kräfte, und
R die Reaction der Auflager,

so hat man, nach Fig. 162, wenn der Schwerpunkt der obern Gurtung als Drehpunkt und die ganze Balkenhälfte als Hebel betrachtet wird, die Momentengleichung:

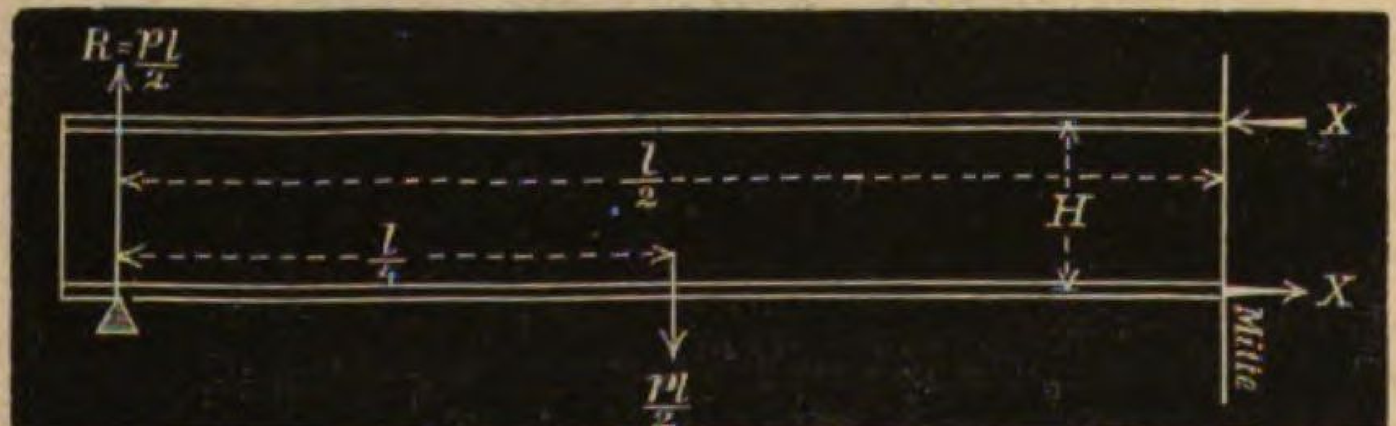
$$-X \,.\, H + \frac{pl}{2} \cdot \frac{l}{2} - \frac{pl}{2} \cdot \frac{l}{4} = 0 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (134)$$

und hieraus:

$$X \,.\, H = + \frac{pl}{2} \cdot \frac{l}{2} - \frac{pl}{2} \cdot \frac{l}{4} = + \frac{pl^2}{4} - \frac{pl^2}{8} = + \frac{pl^2}{8}, \text{ und } X = + \frac{pl^2}{8H} \quad . \quad (135)$$

Von der ganzen Balkenbelastung pl erhält nämlich der halbe Balken $\frac{pl}{2}$ und nach Fig. 46 S. 40 greift diese in ihrem Schwerpunkte an, der um $\frac{l}{4}$ von der Trägermitte entfernt liegt. Nach Fig. 47 wird aber das Angriffs- oder Biegungsmoment in Fig. 162 für die Trägermitte am grössten und für diesen Querschnitt erreicht es den Werth von $\frac{pl^2}{8}$. Die Pfeile des Kräftepaares X deuten an, dass X für die untere Gurtung eine Zug-, für die obere eine Druckkraft bezeichnet und das Moment dieses horizontalen Kräftepaares ist das **Widerstandsmoment** des Träger-Querschnittes, während das Moment des verticalen Kräftepaares das **Angriffsmoment** des Trägers bezeichnet. Wenn Gleichgewicht stattfinden soll, müssen diese beiden Momente einander gleich sein. Denkt man das Material des Netto-Querschnittes f der verticalen Blechwand auf die Schwerpunkte der Gurtungen reducirt, so kommt (nach den Auseinandersetzungen S. 34) auf jeden Schwerpunkt $^1/_6 f$. Dieses, sowie die Netto-Querschnittfläche F einer Gurtung mit der pro Flächeneinheit zulässigen Belastung k multiplicirt, muss gleich der Kraft X in Formel (135) sein, und daher ist:

Fig. 162.



$$X = \frac{pl^2}{8H} = k\,(F + {}^1/_6 f); \text{ oder } \frac{p \,.\, l^2}{8} = M = k\,H\,(F + {}^1/_6 f) \quad . \; . \quad (136)$$

Der Querschnitt der Verticalwand $= s \,.\, H$ multiplicirt mit der pro Flächeneinheit zulässigen Belastung k muss gleich der in der Blechwand vorkommenden grössten Verticalkraft sein. Diese ist an den Auflagern vorhanden und gleich R; es muss also sein

$s \cdot H \cdot k = R$. Da aber der Blechquerschnitt durch die Nietung geschwächt wird, so setzt man $s \cdot H \cdot k = 1{,}25\,R$, und hieraus wird:

$$s = \frac{1{,}25\,R}{k\,H} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (137)$$

Versteht man unter R die Verticalkraft an irgend einer Stelle des Trägers, so ist für diesen Querschnitt aus Formel (137) s die kleinste Dicke der Blechwand in der neutralen Axe. Wegen Verzehrung des Eisens durch Rost etc. ist s für die Ausführung mindestens $^4/_3$ mal so stark zu machen, als (137) ergiebt.

Bei überschläglicher Berechnung der Blechträger kann man für den Brutto-Querschnitt einer Gurtung $1{,}25\,F$ annehmen und ist das genaue Trägheits- und Widerstandsmoment dann nach den Formeln (27) und (28) S. 35 zu berechnen.

Für Träger mit parallelen Gurtungen ändert sich das Angriffs- oder Biegungsmoment und somit auch der erforderliche Netto-Querschnitt der Gurtungen nach den Ordinaten einer Parabel, deren Höhe h, Fig. 163, im Scheitel dem Angriffsmomente in der Trägermitte proportional ist. Für die Art der Belastung nach Fig. 45 ist das grösste Angriffsmoment $= \frac{Pl}{4}$, oder nach Fig. 46 $= \frac{Pl}{8}$. Bezeichnet man aber die gleichmässige Belastung pro Längeneinheit des Trägers mit q und sein Eigengewicht pro Längeneinheit mit p, so ist die ganze Belastung des Trägers incl. sein Eigengewicht $= (p + q)\,l$, also $= P$ in Fig. 46. Das grösste Angriffsmoment wird dann für Fig. 46: $M = \frac{Pl}{8}$ $= {}^1/_8\,(p + q)\,l^2$, und für Fig. 45: $M = \frac{Pl}{4} + \frac{p\,l^2}{8}$.

Berechnet man für M den Netto-Querschnitt einer Gurtung in □Centim. nach Formel (136) und betrachtet diesen Querschnitt als Scheitelhöhe h der Parabel, Fig. 163, wobei man die Länge l des Trägers nach derselben Maasseinheit aufträgt, so kann man, von unten anfangend, erst den Netto-Querschnitt des Winkeleisens abtheilen und die noch übrige Höhe von h in so viel Theile zerlegen, wie man einzelne Deckplatten anwenden will. Zieht man durch diese Theilpunkte Horizontallinien, so geben die Durchschnittspunkte derselben mit der Parabel die Längen der einzelnen Deckplatten.

Fig. 163.



Für das eigene Gewicht der Blechträger kann man zur vorläufigen Berechnung $12\,l$ bis $18\,l$ Kilogr. pro laufenden Meter in Ansatz bringen, wenn l die Länge des Trägers von Mitte Auflager zu Mitte Auflager in Metern bezeichnet. Das ganze Gewicht der Blechträger wird darnach ausgedrückt durch $12\,l^2$ bis $18\,l^2$ Kilogr., wenn l in Metern gegeben ist.

1. Beispiel. *Ein Blechträger soll frei auf zwei Auflager liegen, die* $l = 10{,}6$ *Meter von Mitte zu Mitte entfernt sind. Derselbe hat eine gleichmässig vertheilte Last von* 12800 *Kilogr. aufzunehmen und es darf seine Höhe* $H = {}^1/_{14}\,l$ *sein. Zu bestimmen sind die Querschnittsdimensionen dieses Trägers.*

Als Höhe hat man $H = \frac{10{,}6}{14} = 0{,}757$ *Meter, wofür* 76 *Centim. gesetzt werden mögen. Die Reaction der Auflager oder die grösste in dem Träger vorkommende Verticalkraft ist* $R = \frac{12800}{2} = 6400$ *Kilogr., daher wird nach* (137) *die Stärke der Verticalwand:*

$$s = \frac{1{,}25\,R}{k\,H} = \frac{1{,}25 \cdot 6400}{730 \cdot 76} = 0{,}15 \text{ Centim.}$$

Diese Stärke, auch wenn sie $^4/_3$ *mal genommen wird, ist für die Ausführung des Trägers zu gering und soll als entsprechende Stärke* 0,5 *Centim. für die ganze Trägerlänge angenommen werden. Setzt man nun Nieten von* 1,6 *Centim. Durchmesser voraus und zieht die Verschwächung durch zwei Nieten von der Höhe der Verticalwand ab (was bei Anwendung von Deckplatten nicht su geschehen braucht), so ist die noch bleibende Höhe* $= 76 - 2 \cdot 1{,}6$ $= 72{,}8$ *Centim. und es wird der Netto-Querschnitt der Blechwand* $f = 0{,}5 \cdot 72{,}8 = 36{,}4$ □ *Centim.*

Der Träger ist pro laufenden Centimeter mit $\frac{12800}{1060} = 12{,}08$ *Kilogr. belastet, dazu beträgt sein Eigengewicht pro laufenden Meter etwa* $14\,l = 14 \,.\, 10{,}6 = 148{,}4$ *Kilogr., oder pro laufenden Centimeter* 1,484 *Kilogr.; hiernach ist das grösste Angriffsmoment:*

$$M = {}^1\!/_8\,(p + q)\,l^2 = {}^1\!/_8\,(1{,}484 + 12{,}08)\,1060^2 = 1905064;$$

und dann wird nach (136):

$$M = 1905064 = k\,H\,(F + {}^1\!/_6 f);\ \textit{oder:}\ \frac{M}{k\,H} = F + \frac{f}{6};$$

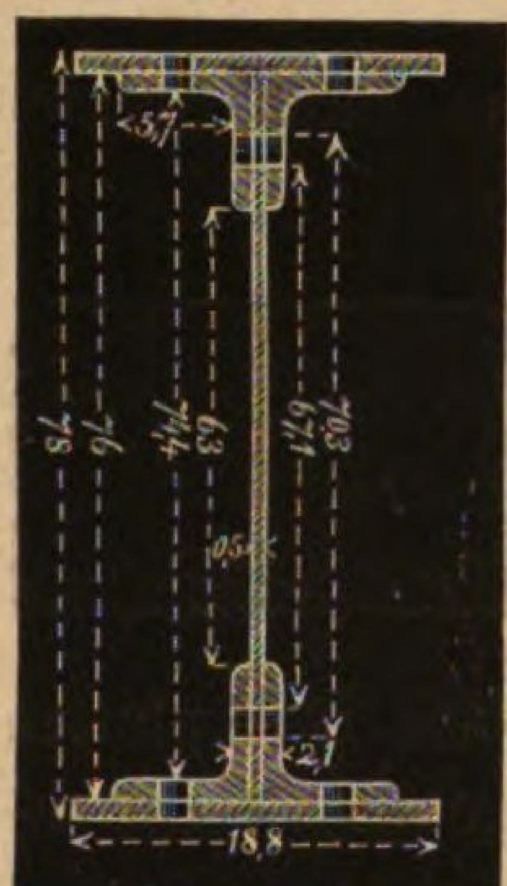
und hieraus:

$$F = \frac{M}{k\,H} - \frac{f}{6} = \frac{1905064}{730 \,.\, 76} - \frac{36{,}4}{6} = 28{,}3\ \square\,\textit{Centim.}$$

Nimmt man Winkeleisen von 0,8 *Centim. Stärke bei* 6,5 *Centim. Schenkellänge und zieht ein Nietloch von* 1,6 *Centim. Breite von jedem Schenkel ab, so ist der Netto-Querschnitt eines Winkeleisens* $= 0{,}8\,(6{,}5 - 1{,}6 + 5{,}7 - 1{,}6) = 7{,}2$ □ *Centim., oder beider Winkeleisen* $= 2 \,.\, 7{,}2 = 14{,}4$ □ *Centim., es bleibt also noch für die Deckplatte ein erforderlicher Netto-Querschnitt von* $28{,}3 - 14{,}4 = 13{,}9$ □ *Centim.*

Berechnet man nun gleich das genaue Widerstandsmoment der Blechwand und der Winkeleisen, so kann man leicht den Querschnitt der Deckplatte ermitteln. Es ist nach Fig. 164 *für die Formel* (28):

Fig. 164.



$$B = 5{,}7 - 1{,}6 + 2{,}1 + 5{,}7 - 1{,}6 = 10{,}3,\ \textit{sowie}$$
$$b' = 2\,(5{,}7 - 1{,}6) = 8{,}2,\ \textit{und}\ b'' = 2 \,.\, 0{,}8 = 1{,}6.$$

Substituirt man diese Zahlwerthe in (28), *so ist:*

$$W = \frac{10{,}3 \,.\, 76^3 - 8{,}2 \,.\, 74{,}4^3 - 1{,}6 \,.\, 63^3 - 2{,}1\,(70{,}3^3 - 67{,}1^3)}{6 \,.\, 76} = 1423{,}7.$$

Da aber $W k = M$ *sein muss, so ist das erforderliche Widerstandsmoment des ganzen Trägerquerschnittes:*

$$W = \frac{M}{k} = \frac{1905064}{730} = 2609{,}7.$$

Die Deckplatten allein müssen demnach ein Widerstandsmoment haben von: $2609{,}7 - 1423{,}7 = 1186$. *Setzt man die Stärke jeder Deckplatte* = 1 *Centim., so wird:*

$$W = 1186 = \frac{B\,(78^3 - 76^3)}{6 \,.\, 78} = B \,.\, 76,\ \textit{und daher:}$$

$$B = \frac{1186}{76} = 15{,}6\ \textit{Centim.}$$

Mit Hinzurechnung der beiden Nietlöcher erhält die Deckplatte eine Gesammtbreite von $15{,}6 + 3{,}2 = 18{,}8$ *Centim.*

Man kann nun jede Deckplatte aus zwei Blechen von je 0,5 *Centim. Stärke bestehen lassen und ist die Länge jeder Platte auf graphischem Wege nach Fig.* 163 *zu bestimmen.*

2. Beispiel. *Die Tragfähigkeit eines Kastenträgers nach Fig.* 153 *ist zu berechnen; die Entfernung von Mitte zu Mitte der Auflager beträgt* 9,5 *Meter. Es ist die Stärke der verticalen Bleche* = 0,5 *und deren Höhe* = 60 *Centim., die mittlere Stärke der Winkeleisen* = 0,6 *und deren Schenkellänge* = 5,2 *Centim., die Breite der Deckplatten* = 30 *und ihre Stärke* = 1 *Centim.*

Für die in Fig. 153 *eingeschriebenen Bezeichnungen hat man, wenn die Deckplatten an jeder Seite* 2,5 *Centim. über die Winkeleisen vorspringen:* $H = 62$; $h = 60$; $h_1 = 58{,}8$; $h_2 = 49{,}6$; $B = 30$; $B_1 = 25$; $b = 15{,}8$; $b_1 = 14{,}6$ *und* $b_2 = 13{,}6$.

Setzt man den Nietdurchmesser = 1,5 *Centim., so gehen für die gezogene Gurtung* $2 \,.\, 1{,}5 = 3$ *Centim. Breite von der Deckplatte und den Winkeleisen verloren. Die Nieten, welche die Verticalwände und die Winkeleisen zusammenhalten, sitzen zwischen den Nieten der Deckplatte, ihre Löcher vermindern daher das Widerstandsmoment des Trägers nicht,*

weil die Deckplatte über diesen Nieten voll durchläuft. Die Formel für das Widerstandsmoment in Bezug auf Fig. 153 *würde nach* (28) *sein:*

$$W = \frac{B\,H^3 - (B - B_1)\,h^3 - (B_1 - b)\,h_1^3 - (b - b_1)\,h_2^3 - b_2\,h^3 - 3\,(H^3 - h_1^3)}{6\,H}.$$

Die obigen Zahlenwerthe der Zeichen in diese Formel substituirt ergiebt:

$$W = \frac{30\,.\,62^3 - 5\,.\,60^3 - 9{,}2\,.\,58{,}8^3 - 1{,}2\,.\,49{,}6^3 - 13{,}6\,.\,60^3 - 3\,(62^3 - 58{,}8^3)}{6\,.\,62} = 2720.$$

Ist die Last gleichmässig über den Balken vertheilt, so wird nach (35): $W = \frac{P\,l}{8\,k}$, *und diese Formel auf P reducirt, ergiebt:* $P = \frac{8\,k\,W}{l}$. *Durch Substitution der betreffenden Zahlenwerthe erhält man:*

$$P = \frac{8\,.\,730\,.\,2720}{950} = 16720 \textit{ Kilogr.}$$

Wirkte die Last in der Mitte des Balkens, so dürften, bei gleicher Inanspruchnahme des Materials, hier nur $\frac{16720}{2} = 8360$ *Kilogr. aufgebracht werden.*

Die Verticalwand der Blechträger und deren Stossverbindungen lassen sich aus practischen Gründen nicht so schwach ausführen, wie sie den Spannungen entsprechend rechnungsgemäss bedingt werden. Diese Theile aber vergrössern gerade den Materialaufwand und das Gewicht des Trägers erheblich, während sie zur Tragfähigkeit desselben wenig beitragen. Die Spannungen und Pressungen, welche in der Verticalwand auftreten, lassen sich auch durch einzelne geneigt stehende Eisenstäbe auf die Gurtungen eines Trägers übertragen, wobei, der verticalen Blechwand gegenüber, bedeutend an Material gespart wird, namentlich bei grösseren Dimensionen. Träger, bei denen die Verticalwand durch solche geneigte Eisenstäbe ersetzt ist, nennt man, wegen ihrer gitterartigen Längenansicht, **Gitterträger.**

IV. Gitter- oder Fachwerkträger.

§. 62. Die verschiedenen Systeme der Gitterträger.

Bei den Gitter- oder Fachwerkträgern lassen sich unterscheiden:

1) Träger mit **parallelen** Gurtungen;
2) Träger mit **einer geraden** und **einer gekrümmten** Gurtung **(parabolische Träger);**
3) Träger mit **zwei gekrümmten** Gurtungen (**Pauli**'sche Träger, Sichelträger und Bogenträger).

Die Gitterträger ad 1 bestehen aus zwei über einander liegenden horizontalen Gurtungen oder Streckbalken, die durch geneigte oder verticale Stäbe, **Gitterstäbe**, mit einander verbunden sind; diese heissen **Streben**, wenn sie auf Druck, und **Anker**, wenn sie auf Zug beansprucht werden.

Ursprünglich wurden die Gitterträger in Amerika ausgeführt, wo man die Streckbalken, sowie die geneigten Streben aus Holz und nur die verticalen Anker aus Schmiedeeisen construirte. Gegenwärtig findet dieses System wegen mannigfacher Mängel nur noch in seltenen Fällen Anwendung. Die ganz aus Schmiedeeisen construirten Gitterträger mit parallelen Gurtungen haben aber grosse Verbreitung gefunden. Diese unterscheiden sich in zwei Hauptsysteme:

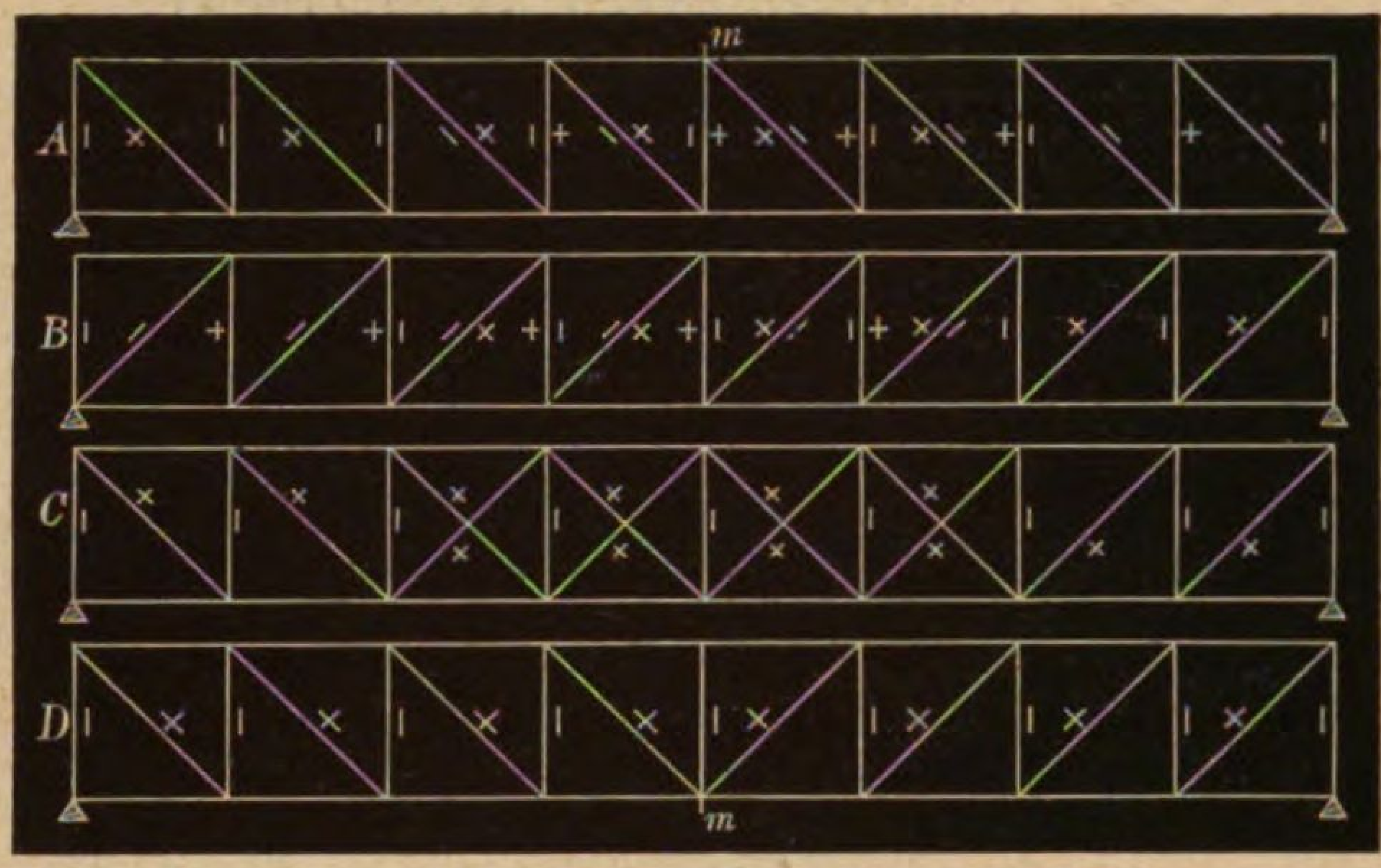
a) In das System des **rechtwinkligen** Dreiecks;

b) In das System des **gleichseitigen** resp. des **gleichschenkligen** Dreiecks.

Das System *a* ist in Fig. 165 in verschiedenen Anordnungen dargestellt. Die von rechts nach links ansteigenden geneigten Gitterstäbe des Trägers *A* sind unter sich parallel, ebenso die von links nach rechts ansteigenden des Trägers *B*. Die eingeschriebenen +

und — Zeichen deuten Zug und Druckspannungen an, welche sowohl in den verticalen wie in den geneigten Gitterstäben bei Belastung des Trägers auftreten. Die Spannungen derselben Diagonalen sind in den beiden Trägern *A* und *B* durch ihre entgegengesetzte Neigung auch entgegengesetzt; hat die Diagonale eines Trägerfeldes in *A* Zugspannung zu erleiden, so wird die Diagonale desselben Feldes in *B* auf Druck beansprucht. Ebenso verhalten sich die Verticalen. Für die Ausführung der Gitterträger ist es aber vortheilhaft, dass die kürzeren Verticalen gedrückt, die längeren Diagonalen aber nur auf Zug beansprucht werden. Dies ist durch Combination der beiden Anordnungen der Diagonalen aus *A* und *B* zu erreichen, wie es bei dem Träger *C* geschehen ist, wobei sämmtliche Diagonalen nur Zug, sämmtliche Verticalen dagegen nur Druck annehmen; die Diagonalen der mittleren Felder müssen sich hier also **kreuzen.**

Fig. 165. System Howe.

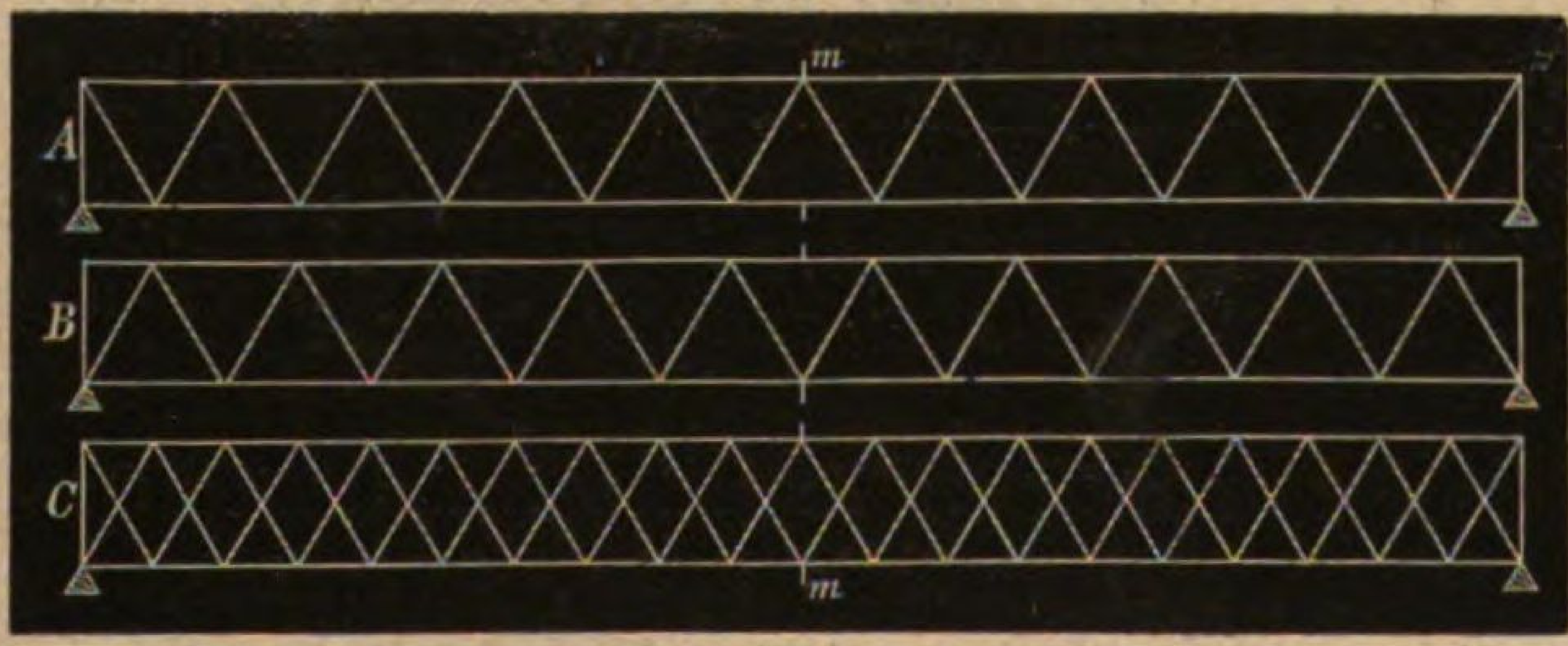


Bei gleichmässiger Belastung des Trägers erhalten die Verticalen ebenfalls nur Druck und die Diagonalen nur Zug, wenn dieselben wie bei dem Träger *D* angeordnet sind. Vom linken Auflager bis zur Trägermitte *m* haben die Diagonalen dann eine entgegengesetzte Lage von derjenigen der anderen Trägerhälfte. Diese Anordnung der Diagonalen wurde zuerst von dem Ingenieur **Mohnié** ausgeführt.

Betrachtet man den Träger *D* von der Kehrseite, wodurch die obere Gurtung zur unteren wird, so verwandeln sich die Diagonalen in Streben, die Verticalen dagegen in Anker; alle Gitterstäbe werden daher umgekehrt beansprucht. Diese Anordnung findet bei den Trägern statt, wo die Streckbalken und die Streben aus Holz bestehen, wie dies bei den von **Howe** ausgeführten Brücken der Fall war.

Fig. 166 deutet das System *b* an, wobei die Gitterstäbe zwischen den Gurtungen gleichseitige Dreiecke bilden. Dieses unter dem Namen **Néville**'sches System*) bekannte Princip der Gitterstabanordnung liess sich der Capitain **Warren** in England patentiren, weshalb es dort Warren-Princip genannt wird.

Fig. 166. System Néville.



Die Inanspruchnahme der Gitterstäbe auf Zug oder Druck richtet sich nach der Neigungsrichtung derselben. Bei *A* Fig. 166 neigt sich der erste Gitterstab am Auflager von der unteren Gurtung gegen die obere in der Richtung von der Trägermitte *m* nach aussen zu; derselbe ist gewissermassen an der oberen Gurtung aufgehängt und wird bei der Biegung des Trägers von der unteren Gurtung gezogen, er ist also Anker. Umgekehrt strebt der erste Stab des Trägers *B* von dem Auflager gegen die obere Gurtung nach der Trägermitte *m* zu, er wird daher auf Druck in Anspruch genommen. Alle Stäbe, welche sich von der unteren Gurtung gegen die Trägermitte *m* neigen, sind Streben, die entgegengesetzt geneigten aber Anker, doch können auch die der Trägermitte zunächst liegenden Anker unter gewissen Umständen auf Druck beansprucht werden. Durch Verbindung der beiden

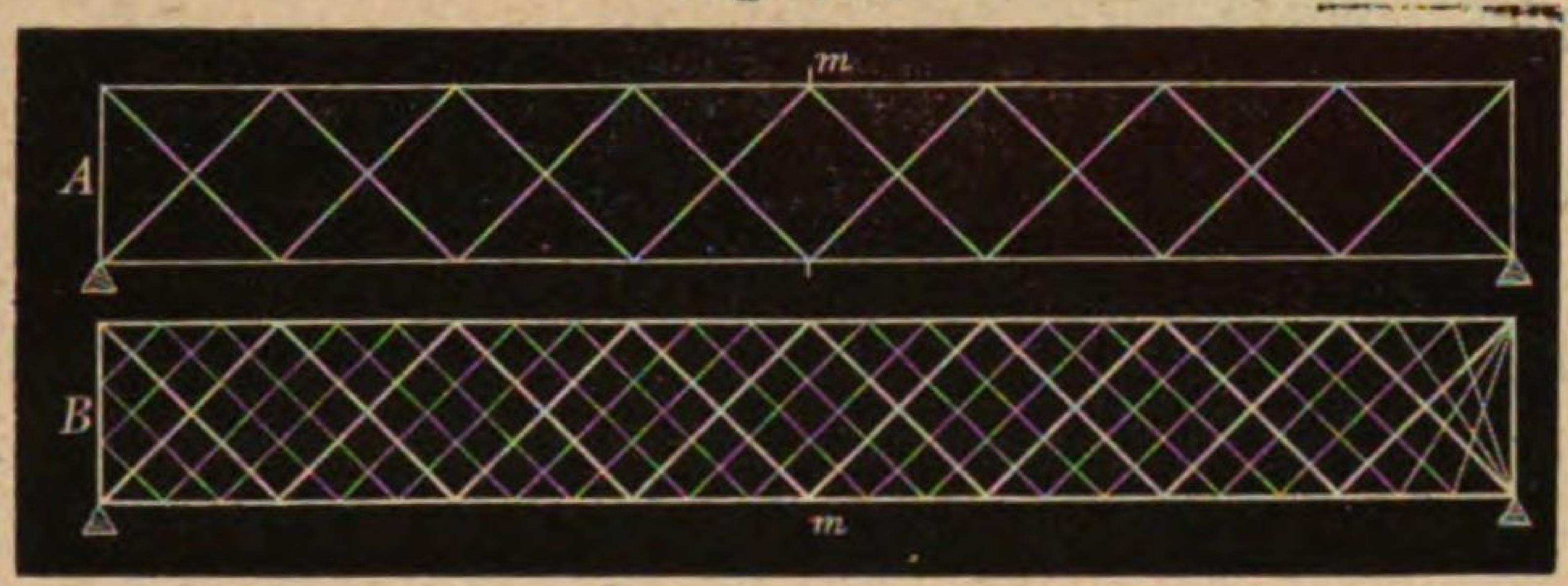
*) Auch Néville war nicht der Erfinder, sondern nur der Patentinhaber dieses für Brückenträger gegenwärtig als unzweckmässig erkannten Systems. Ihm ist zu viel unverdiente Ehre widerfahren, denn nicht nur das Trägersystem, sondern auch eine Brücke und eine Strasse in Wien führt seinen Namen. Diese Brücke wurde 1852 von **Clark** erbaut.

Stabordnungen der Träger *A* und *B* entsteht das **gekreuzte** System, welches bei dem Träger *C* angedeutet ist.

Ein Gittersystem heisst **einfach**, wenn nur ein Diagonalstab auf jedes Trägerfeld kommt; im andern Falle heisst es **zusammengesetzt.** Man nennt ein zusammengesetzes System **einfach gekreuzt,** wenn in einem Felde zwei Diagonalen sich in ihrer Mitte kreuzen; kommen aber zwischen je zwei benachbarte parallele Gitterstäbe des einfachen oder einfach gekreuzten Systems, des **Hauptsystems,** noch $n-1$ Zwischenstäbe vor, so heisst das System ein n-faches oder ein System n-ter Ordnung.

In *A*, Fig. 167, ist ein unter 45° geneigtes einfach gekreuztes Néville'sches System angedeutet, und dieses Hauptsystem hat in *B* noch $n - 1 = 2$ Zwischenstäbe erhalten, es ist also ein $n = 2 + 1 = 3$-faches oder ein System 3-ter Ordnung geworden. Das Hauptsystem ist bei dem Träger *B* durch stärkere Linien bezeichnet und dadurch leicht von den Nebensystemen zu unterscheiden. Diese **engmaschigen** Gitterträger nennt man das **Town**'sche System oder Gitterträger im engern Sinne, im Unterschiede zu dem **weitmaschigen** System oder den **Fachwerkträgern.**

Fig. 167.



Die Verbindungsstellen der Gitterstäbe mit den Gurtungen heissen **Knotenpunkte** und nur diese sollen belastet sein, damit alle Theile nur auf einfachen Zug oder Druck in Anspruch genommen werden, und man die Spannungen und Pressungen in den einzelnen Verbandstücken durch Rechnung zuverlässig verfolgen kann. Aus diesem Grunde ist auch der **Abschluss** des zusammengesetzten Gitters am rechten Auflager des Trägers *B*, Fig. 167, dem Abschlusse am linken Auflager vorzuziehen, weil die Diagonalen bei dem letzteren Abschlusse die Verticalaussteifung am Auflager biegend beanspruchen.

Obgleich der erforderliche Materialaufwand bei dem engmaschigen und dem weitmaschigen Gittersystem nicht erheblich verschieden ist, so verdient das **weitmaschige** System doch aus dem Grunde den **Vorzug,** weil die Zusammensetzung des Trägers einfacher ist und weil die vielfachen Vernietungen der Streben mit den sie kreuzenden Ankern, sowie die Einschaltung besonderer Aussteifungen, die nicht wesentlich zum System gehören, bei dem engmaschigen Gitter-System eine complirte Uebertragung der Spannungen und Pressungen veranlassen, welche nicht mit Sicherheit verfolgt werden können.

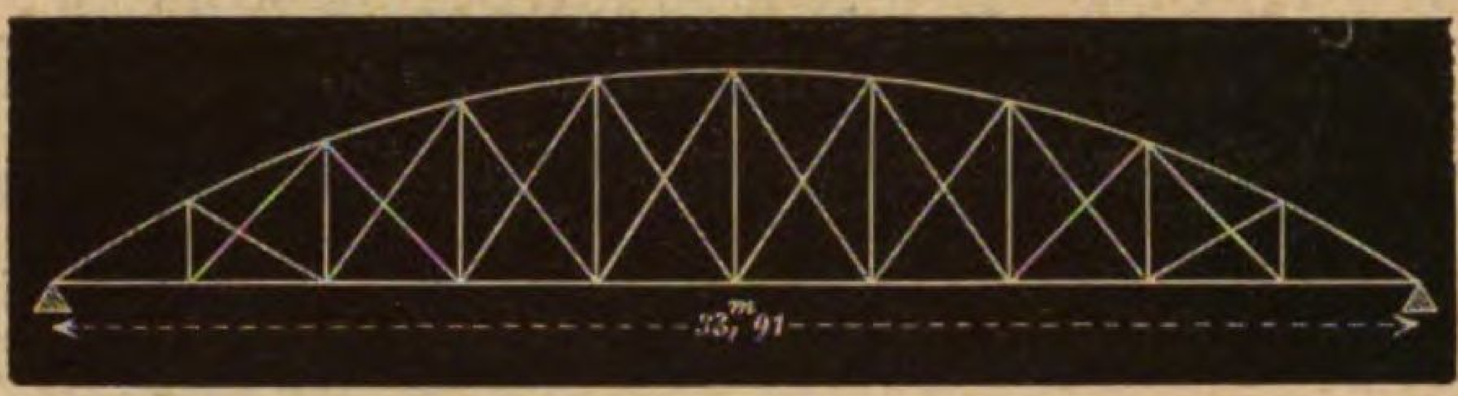
Die Pressung in der oberen und die Spannung in der unteren Gurtung eines Gitterträgers ändert sich nur in den Knotenpunkten und beide nehmen von der Trägermitte nach den Auflagern hin **ab;** umgekehrt verhält es sich mit den Vertical- und Diagonalstäben, deren Anstrengung von der Trägermitte nach den Auflagern hin **zunimmt.** Wenn die Belastung eines Träger **veränderlich** ist, so tritt nicht allemal die stärkste Anstrengung aller Constructionstheile bei **vollständiger** Belastung ein, sondern einzelne Verbandstücke können dann am stärksten beansprucht werden, wenn der Träger eine **schiefe** oder theilweise Belastung zu ertragen hat.

Wie auf S. 91 bemerkt wurde, ändert sich das Angriffsmoment bei Trägern mit parallelen Gurtungen nach den Ordinaten einer Parabel, deren Höhe im Scheitel dem Angriffsmomente in der Trägermitte proportional ist. Lässt man nun die Höhe des Trägers, nach den Auflagern hin, den Angriffsmomenten gemäss abnehmen, so müssen die Knotenpunkte einer Gurtung des Trägers in einer Parabel liegen, die der obigen Bedingung genügt, und aus diesem Grunde nennt man die ad 2 erwähnten Träger mit einer gekrümmten Gurtung **parabolische** Träger.

Bei grösseren parabolischen Trägern liegen die Knotenpunkte der gekrümmten Gurtung, der einfacheren Construction wegen, gewöhnlich in einem Kreisbogen, und kann die gekrümmte Gurtung sowohl nach unten wie nach oben gerichtet sein. In Fig. 168 ist ein

solcher Träger mit gekreuzten Diagonalen dargestellt. Die Anstrengung der einzelnen Constructionstheile wächst bei diesen Trägern gerade in **umgekehrter** Weise wie bei den Gitterträgern mit parallelen Gurtungen, indem die Inanspruchnahme der Diagonalen und Verticalen in der **Trägermitte**, der gekrümmten Gurtung aber an den **Auflagern** am grössten ist. Die Lage der Diagonalen kann hier eben so verschieden sein, wie bei den in Fig. 165 dargestellten Trägern, wonach sich natürlich auch die Art der Stabbeanspruchung ändert. In der **horizontalen** Gurtung ist die Spannung, wenn sie nach unten, oder die Pressung, wenn sie nach oben liegt, bei **gleichmässig** vertheilter Belastung des Trägers in allen Feldern **gleich gross.**

Fig. 168. Parabolischer Träger.



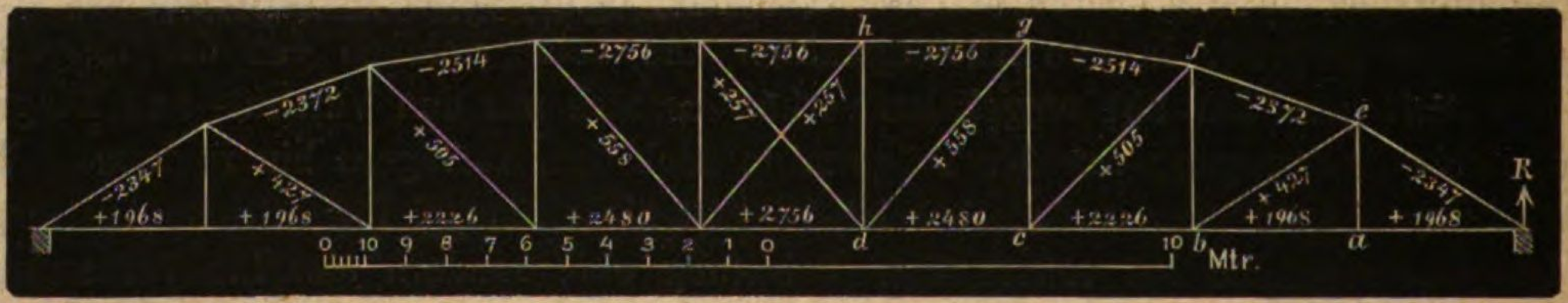
Eine eigene Art der Träger mit einer in den Endfeldern gekrümmten Gurtung ist der **Schwedler**'sche Träger, dessen nach oben gerichtete polygonale Gurtung so gestaltet ist, dass die Diagonalen, ohne in allen Feldern gekreuzt zu sein, nur **Zug**-Spannung annehmen können. Dieser Träger gewinnt namentlich für Brücken, über 30 Meter Spannweite, Bedeutung und werden hierbei mindestens drei Endfelder polygonal nach der unteren Gurtung hin zusammen gezogen, während die mittleren Felder parallele Gurtungen haben. Ein solcher von J. W. Schwedler für die auf S. 89 erwähnte Brahe-Brücke ausgeführter Träger ist durch Fig. 169 in Linien wiedergegeben. Die Weite jedes Feldes von Mitte zu Mitte der Knotenpunkte in der unteren Gurtung beträgt 4,08 Meter und die ganze Trägerlänge zwischen den Auflagermitten 36,715 Meter. Unter Zugrundelegung einer variablen Belastung von 980 Kilogr. pro □Meter nutzbarer Brückenbahn wurde an Eigengewicht der Brücke und an veränderlicher Belastung für jeden Knotenpunkt *a*, *b*, *c* und *d* der unteren Gurtung in Rechnung gebracht:

Q = veränderliche Belastung = 176 Ctr.
P = permanente - = 142 -

Dies macht zusammen pro Knotenpunkt 318 Ctr. und beträgt hiernach die Reaction des Auflagers $R = \frac{8 \cdot 318}{2} = 1272$ Ctr.

Nach diesen Zahlen sind die in Fig. 169 eingeschriebenen Spannungen resp. Pressungen, in Ctr. à 50 Kilogr., ermittelt. Die Pressungen in den Verticalen bleiben

Fig. 169. Schwedler'scher Träger.

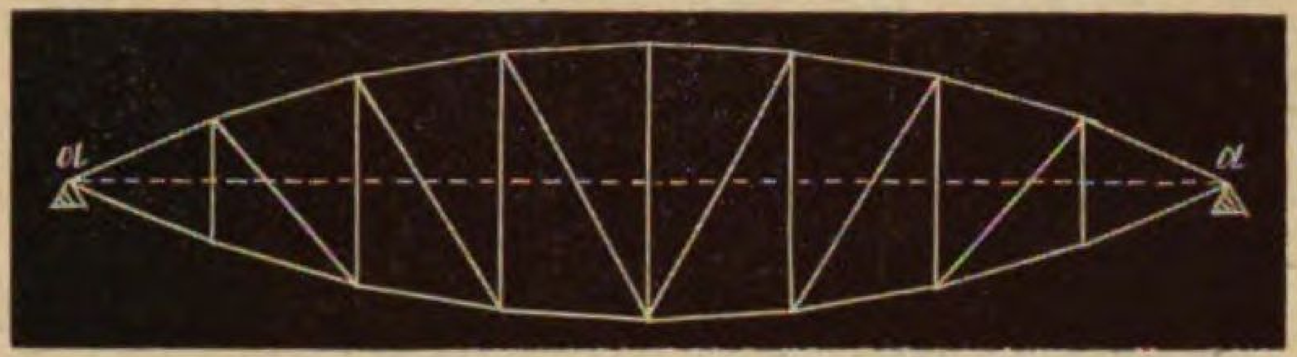


immer kleiner, als die Spannung der nächsten Diagonale, und da die in den Verticalen vorkommende Zugspannung die Belastung eines Knotenpunktes nicht überschreitet, so wurde von der genauen Ermittelung der in den Verticalen auftretenden Kräfte abgesehen, indem für diese die Querschnittsdimensionen, wegen Absteifung der oberen Gurtung, überflüssig gross sein müssen. Auf die Construction der Knotenpunkte und der Gurtungen dieses Trägers wird in dem folgenden Paragraph näher eingegangen.

Bei den Trägern ad 3 kann eine Gurtung nach **unten** und die andere nach **oben** parabolisch gekrümmt sein, in welchem Falle der sog. **Fischbauchträger** entsteht, der von **Pauli** für mehrere Brücken ausgeführt ist und daher **Pauli**'scher Träger genannt wird; ein solcher ist in Fig. 170 angedeutet, doch wird derselbe im Hochbau wohl kaum zur Anwendung kommen.

Bei gleichmässig über den Träger vertheilter Belastung sind die Verticalen für das Gleichgewicht des Trägers ausreichend. Die Diagonalen treten nur bei schiefer Lastvertheilung in Thätigkeit und sind diese so anzuordnen, dass sie nur auf Zug in Anspruch genommen werden. Die Krümmung der Gurtung führt man in der Weise aus, dass beide symmetrisch werden und dass dabei in allen Punkten ihrer Länge gleich grosse Pressung resp. Spannung herrscht.

Fig. 170. Pauli'scher Träger.

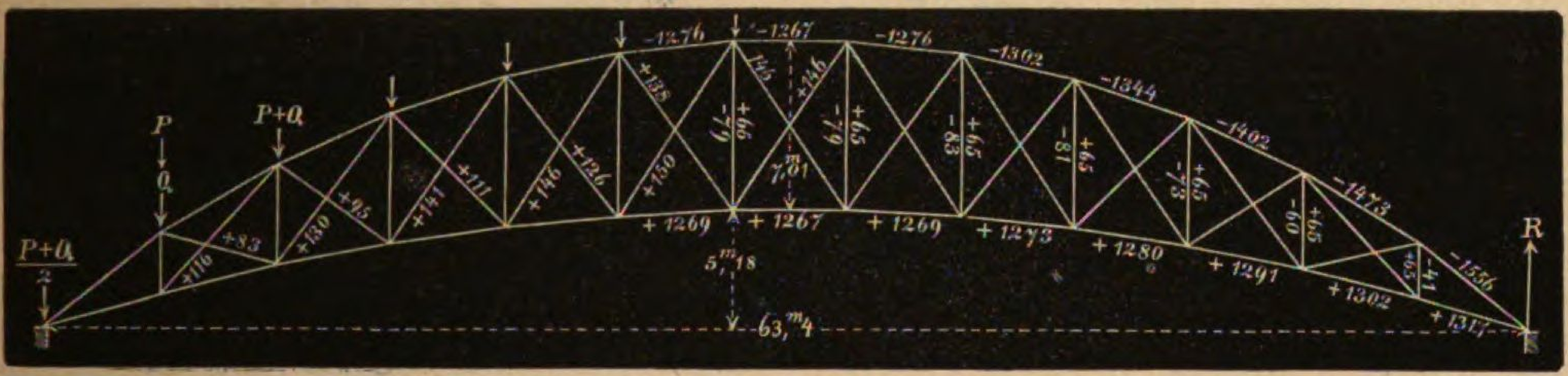


Der ältere **Lawes**'sche Träger ist ähnlich geformt wie der von Pauli, doch ist derselbe meistens aus Holz construirt und da ihm die Diagonalen fehlen, so ist er nicht zu den Gitterträgern zu rechnen.

Wenn beide Gurtungen eines Trägers nach **oben** parabolisch gekrümmt sind und sich die Parabeln in zwei Punkten schneiden, so entsteht ein **sichelförmiger** Träger, wie er in Fig. 171 dargestellt ist. Diese Trägerform ist im Hochbau, zu Dach- und Deckenconstructionen oft angewendet worden. Bei vollständig gleichmässiger Belastung des Trägers sind auch hier die Verticalen für das Gleichgewicht desselben ausreichend; doch werden die Diagonalen erforderlich, sobald irgend welche schiefe Belastung auftritt und können diese alle verschiedenen Lagen haben, welche in Fig. 165 angedeutet sind.

Der **Sichelträger,** Fig. 171, von 63,4 Meter Spannweite ist für die Halle des **Centralbahnhofes** in **Birmingham** als Dachbinder zur Ausführung gekommen. Diese Träger liegen

Fig. 171. Sichelträger.



7,315 Meter von einander einander entfernt, wonach Dr. **Ritter** die in der Fig. 171 eingeschriebenen Spannungen ermittelt hat, bei Annahme einer Belastung, durch Schnee- und Winddruck, von 215 Kilogr. pro □Meter, was für jeden Knotenpunkt: $Q = 7500$ Kilogr. veränderliche Belastung und $P = 1500$ Kilogr. permanente Belastung ergiebt. Die eingeschriebenen Zahlen sind Kilogr.-Ctr. à 100 Kilogr.

Bei grossen Sichelträgern ersetzt man, wegen Vereinfachung der Construction, für die Lage der Knotenpunkte die Parabeln durch Kreisbogen; diese beiden sich scheiden Kreisbogen haben verschiedene Radien und liegen deren Mittelpunkte in der verticalen Mittellinie des Trägers.

Die **Bogenträger,** mit gewöhnlich zwei gekrümmten Gurtungen, die in der Regel in allen Punkten gleich weit von einander abstehen, deren Kreisbogen also einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt aber verschiedene Radien haben, kommen im Hochbau oft vor. Die obere Gurtung dieser Träger kann auch in einer beliebigen anderen Weise geformt sein, je nachdem es die Verhältnisse bedingen. Weiter unten werden die Bogenträger eingehender behandelt.

§. 63. Construction der Gitterträger.

Bevor die Spannungen in den einzelnen Verbandstücken der Gitterträger ermittelt werden, mögen einige Bemerkungen über die praktische Ausführung dieser Träger hier Platz finden. Wie bei den Blechträgern kann man auch die Gurtungen kleinerer Gitterträger ohne Deckplatten construiren, wodurch ihre Ausführung sehr vereinfacht wird.

Die Höhe der Gitterträger nimmt man wie die der Blechträger $= {}^1/_{10}$ bis ${}^1/_{15}$ der

Bayerische Staatsbibliothek München

Spannweite und bringt als Eigengewicht zur vorläufigen Berechnung 10 l bis 16 l Kilogr. pro laufenden Meter in Ansatz, wenn l die Länge des Trägers in Metern bezeichnet.

In Fig. 172 ist die Ansicht und in Fig. 173 der Querschnit eines Gitterträgers dargestellt, bei dem die sich kreuzenden Gitterstäbe je durch zwei Nieten mit den Gurtungen verbunden sind. Die Stäbe müssen bei dieser Anordnung der Gurtung an den Kreuzpunkten über einander gebogen sein, wodurch eine Vernietung dieser Punkte nöthig wird. Da an den Auflagern die Spannung der Gitterstäbe am grössten wird, so ist hier ein verticales Blech eingelegt und durch Nietung mit beiden Gurtungen verbunden. Die in Fig. 174 und 175 angedeutete Vernietung der Gitterstäbe mit den Gurtungen ist der vorhergehenden Anordnung vorzuziehen, denn dadurch, dass die Stäbe zwischen der Gurtung über einander liegen, ist erreicht, dass dieselben sich ohne jede Biegung kreuzen können und dass je zwei Stabenden durch ein Niet mit der Gurtung verbunden sind, wodurch die biegende Bestrebung in der Gurtung zwischen den beiden Nieten wegfällt. Ausserdem aber ist auch eine zweckmässigere Verbindung am Auflager zwischen dem Verticalblech, den Gurtungen und den Gitterstäben erzielt. Träger nach dieser Construction kommen im Hochbau vielfach als Widerlager für Gewölbe, sowie für Hallen- und Decken-Constructionen zur Anwendung.

Fig. 172.

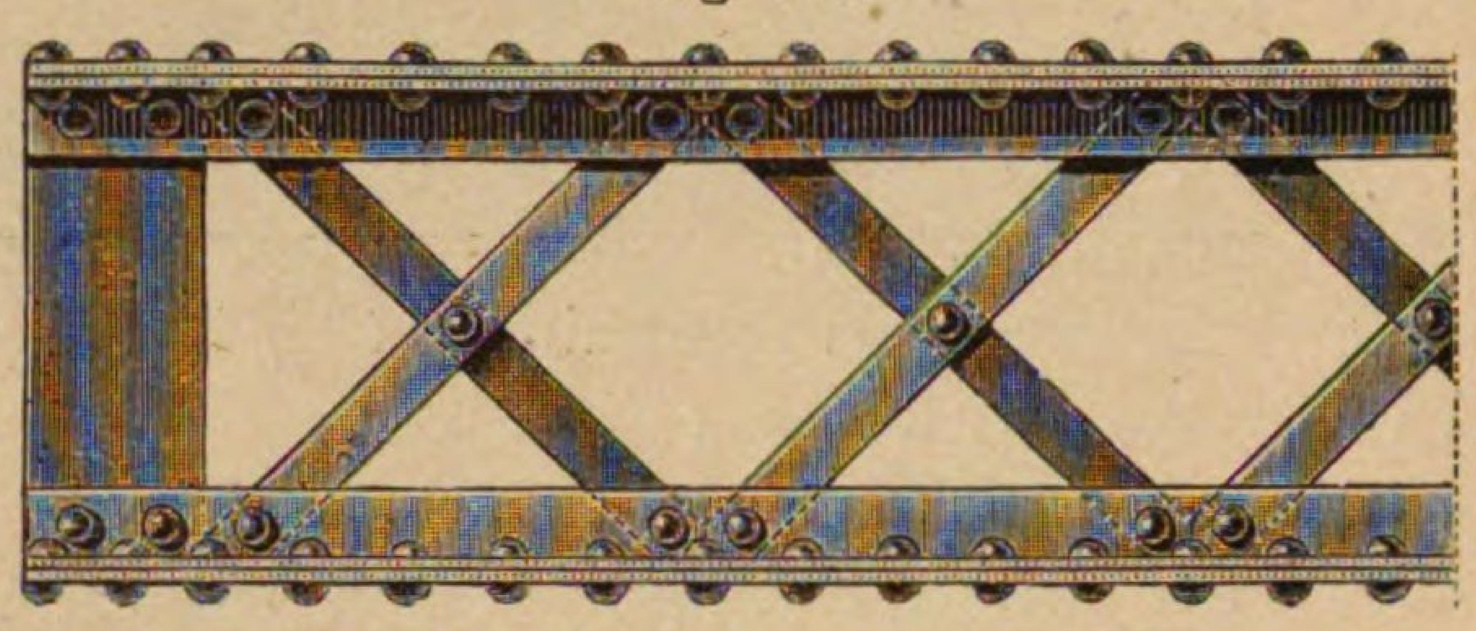


Fig. 173.



Fig. 174.

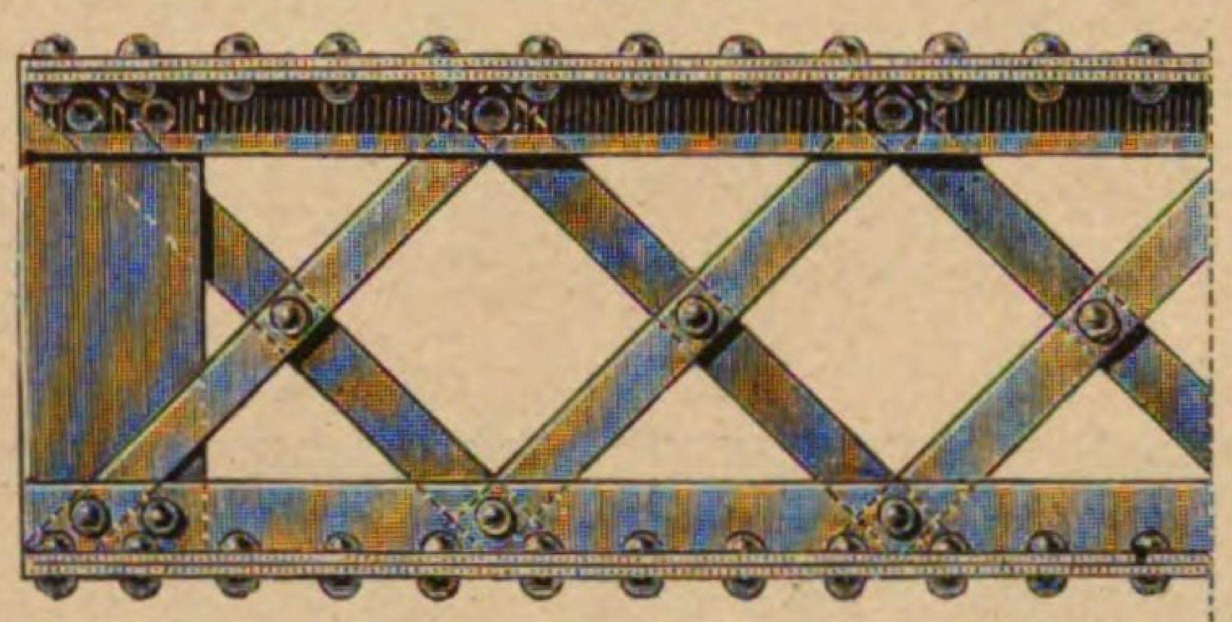
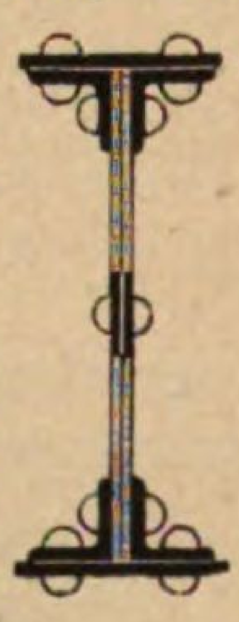


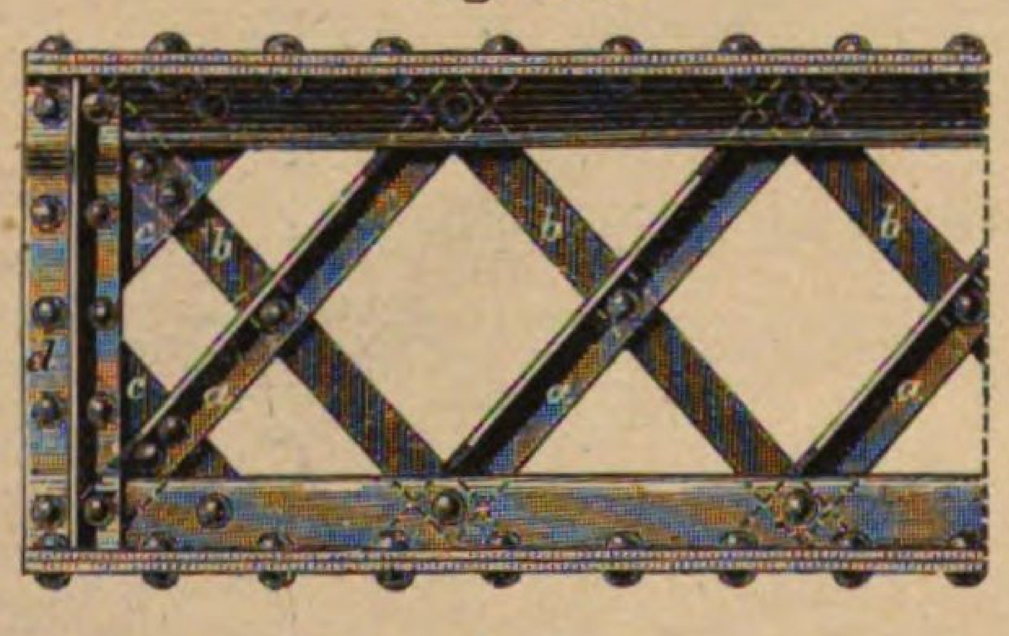
Fig. 175.



Die Inanspruchnahme der Gitterstäbe nimmt von den Auflagern nach der Mitte des Trägers hin den vorkommenden Verticalkräften proportional ab, daher dürfen auch die Dimensionen der Stabquerschnitte nach der Trägermitte zu allmälig abnehmen, doch pflegt man bei kleineren Trägern den Gitterstäben, für dessen ganze Länge, gleiche Querschnitte zu geben, da es in der Ausführung unbequem und theurer ist, verschiedene Flacheisensorten anzuwenden, als wenn man etwas mehr Material verbraucht, dabei aber einfachere Arbeit hat.

Fig. 176 zeigt einen Gitterträger, bei dem die geneigten Stäbe **Streben** und **Anker** sind, von denen die ersteren, *a*, aus Winkeleisen, die letzteren, *b*, aber aus Flacheisen bestehen. Diese Construction gilt namentlich für stark belastete Träger, wo die gedrückten Gitterstäbe, wenn sie aus Flacheisen beständen, einknicken würden. Die Streben *a* steigen für jede Trägerhälfte von den beiden Auflagern her entgegen gesetzt an, so dass sie an der oberen Gurtung in der Mitte des Trägers zusammenstossen. Zur festeren Verbindung der Gurtungen sind zwischen diese, an den Auflagern, schräg abgeschnittene Bleche *c* eingelegt, über welche zwei verticale T-Eisen *d* greifen, die sowohl mit den Blechen wie mit den Gurtungen vernietet sind, wodurch eine grosse Steifigkeit der Auflagerenden des Trägers erreicht wird.

Fig. 176.

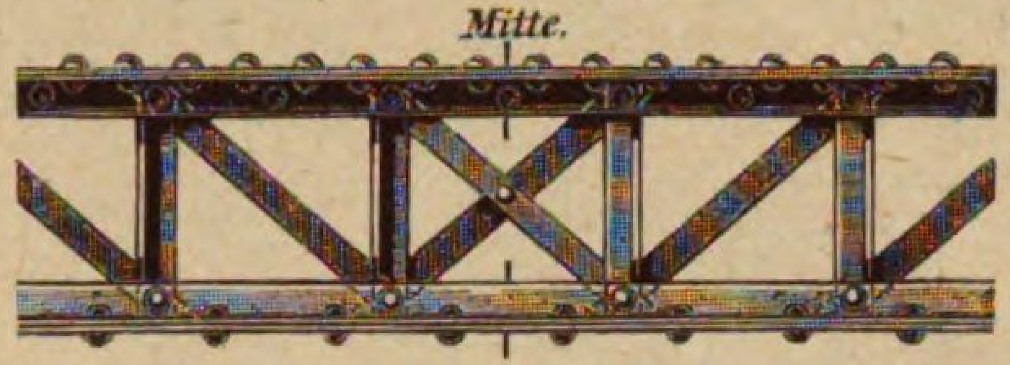


In Fig. 177 sind beide Gurtungen des Gitterträgers durch **verticale** Streben aus Winkeleisen verbunden, und damit diese ihre verticale Stellung nicht verändern können, werden sie von den geneigten Ankern in dieser Stellung festgehalten. Das **Mittelfeld** des Trägers erhält gekreuzte Anker, und wenn gerade in der Mitte eine Verticalstrebe vorkommt, so ist die Kreuzung der Anker in den **beiden** anstossenden Feldern erforderlich,

weil, wenn diese Kreuzung nicht vorhanden wäre, die Anker bei **ungleichmässiger** Belastung des Trägers auch auf Druck beansprucht werden könnten, wodurch sie einknicken würden.

Die Nietverbindung ist in der unteren gezogenen Gurtung viel **weiter** angenommen, als in der oberen gedrückten, denn hier müssen die sämmtlichen Einzeltheile der Gurtung so steif mit einander verbunden sein, dass kein Theil derselben für sich einknicken kann; die Deckplatte erhält, wegen ihrer geringen Höhe, aber erst Steifigkeit durch die Winkeleisen und muss daher in nahen Abständen mit diesen verbunden sein. Für die untere Gurtung ist diese Bedingung nicht vorhanden, indem die untere Deckplatte als Zugband angesehen werden muss. Es genügt daher, wenn diese Deckplatte an den Enden mit der ihrem Querschnitte entsprechenden Anzahl Nieten befestigt und dann in grösseren Entfernungen an den Winkeleisen aufgehängt wird.

Fig. 177.



Ein Theil eines grösseren Gitterträgers*) ist in Fig. 178 dargestellt; solche Träger, bei denen die Gitterwand grössere Fächer enthält, heissen **Fachwerkträger**. Die beiden Gurtungen bestehen, nach Fig. 179, in der ganzen Trägerlänge aus vier Winkeleisen von 9,1 Centim. Schenkellänge bei 1,46 Centim. mittlerer Stärke, wobei zwischen den horizontalen Schenkeln noch zwei Flacheisen von je 18,3 Centim. Breite und 1,6 Centim. Stärke befestigt sind, welche mit den Winkeleisen zusammen eine Querschnittfläche von 159 □Centim. besitzen. In dem Mittelfelde der unteren Gurtung und in den drei mittleren Feldern der oberen ist der Gurtungsquerschnitt dadurch verstärkt, dass der Raum zwischen den verticalen Schenkeln der Winkeleisen, Fig. 179, mit einem Flacheisen von 20 Centim. Höhe und 2,3 Centim. Stärke ausgefüllt ist, wodurch die Querschnittfläche der gesammten Gurtung an dieser Stelle 204,6 □Centim. beträgt. Dieser Zwischenraum der Gurtungen nimmt auch die Bleche *bb* auf, Fig. 178, welche zur Verbindung der diagonalen Gitterstäbe mit den Gurtungen dienen, und sind die beiden Gurtungstheile noch in allen Feldern, wo das oben erwähnte Flacheisen nicht vorhanden ist, durch drei schmale Flacheisenzwischenlagen *aa* in Verbindung gebracht und vernietet.

Fig. 178.

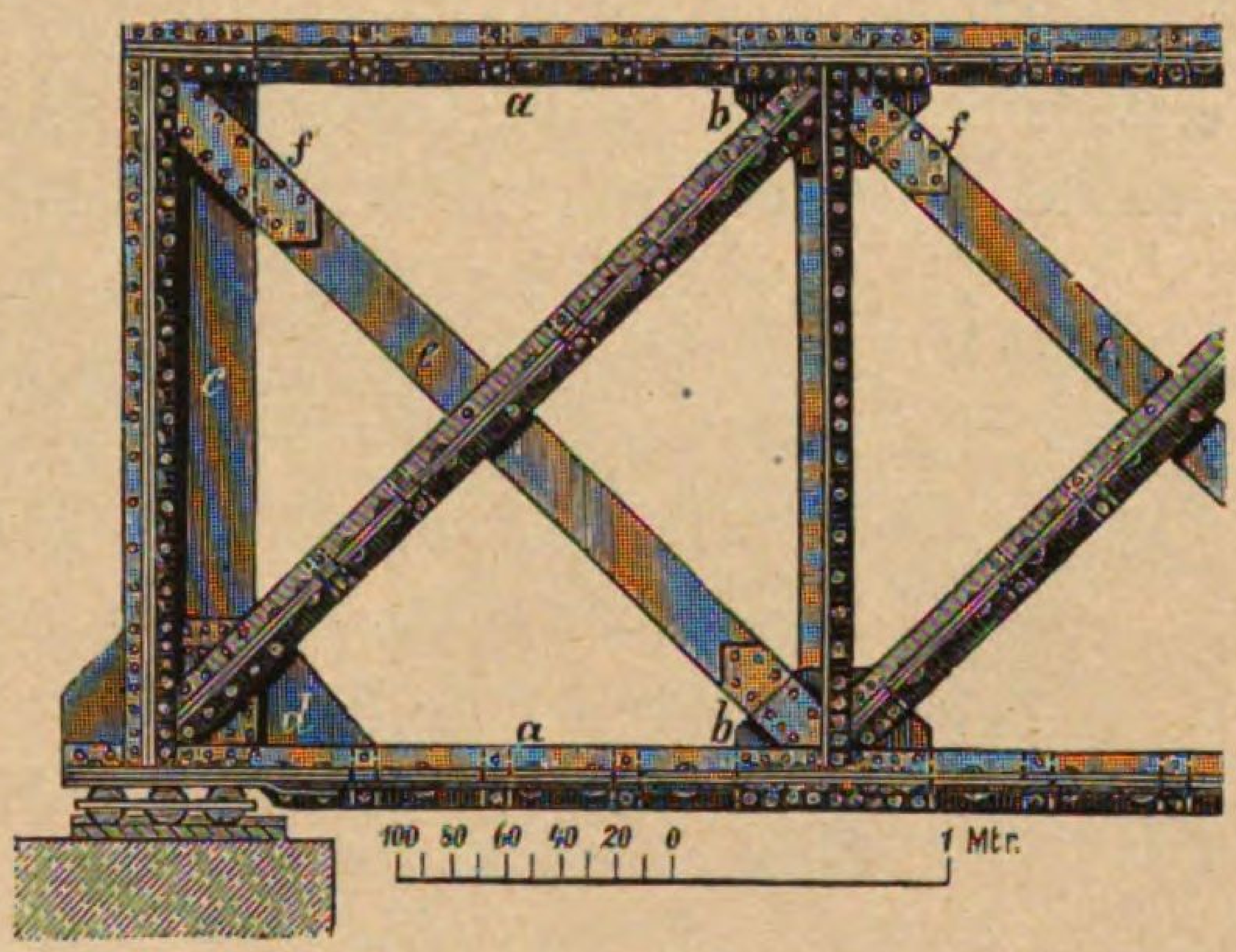


Fig. 179.



Fig. 180.



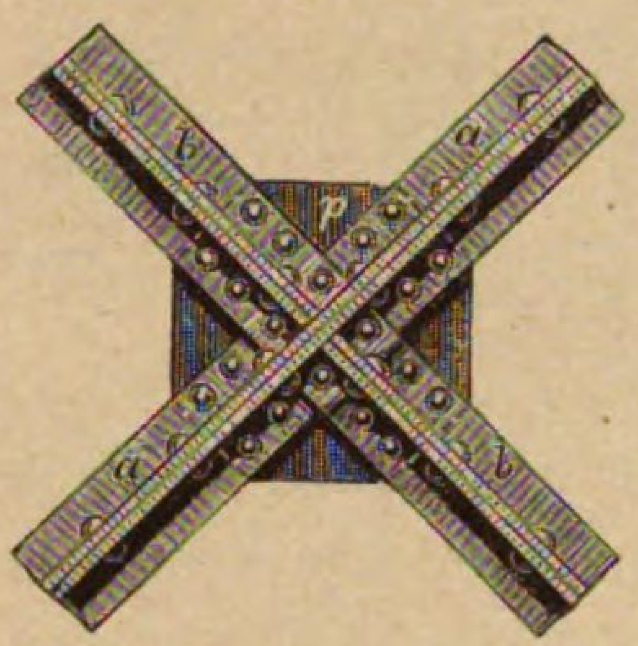
Die zur Verbindung der beiden Gurtungen dienende Blechwand *c* ist mit der Blechplatte *d* vereinigt und durch vier verticale Winkeleisen, welche auch über die Gurtungen greifen, ausgesteift; diese Verticalwand ruht auf einem Rollschuh, der gestattet, dass die durch Temperaturänderung bewirkten Längenänderungen des Trägers ungehindert vor sich gehen können.

Die Diagonalen sind unter 45⁰ geneigt und bestehen die **gedrückten** Stäbe, Fig. 180, aus vier Winkeleisen, deren mittlere Stärke durchweg = 1 Centim. ist, deren Schenkellänge sich aber nach dem für die einzelnen Felder erforderlichen Querschnitt der Stäbe verändert. Für das 1. und 2. Feld vom Ende des Trägers beträgt die Schenkellänge 7,8, für das 3. und 4. Feld 6,5 Centim. Da nach Fig. 178 die **gezogenen** Diagonalen *ee* mit den Blechen *bb* in einerlei Ebene liegen, so ist die Verbindung beider Theile durch

*) Entlehnt von der **Flackensee-Brücke**, die von dem Herrn Geh. Regierungsrath **Malberg** ausgeführt und in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1859 beschrieben ist.

doppelte Stossplatten ff vermittelt, wodurch die Nieten zweischnittig beansprucht werden. Diese aus Flacheisen von 2,3 Centim. Stärke bestehenden Anker gehen durch den Zwischenraum der gedrückten Stäbe, Fig. 180, und beträgt ihre Breite im Endfelde des Trägers 18,3, im 2. Felde 15,7 und im 3. und 4. Felde 13,1 Centim. In den drei mittleren Trägerfeldern kann durch ungleichmässige Belastung auch die gezogene Diagonale zeitweise auf Druck beansprucht werden, weshalb diese hier ebenfalls aus Winkeleisen bestehen. Den Kreuzpunkt dieser Diagonalen zeigt Fig. 181, wobei der stets gedrückte Stab a in einer Länge durchläuft und in seiner Mitte die Blechplatte p aufnimmt, an der die andere Diagonale b in zwei Hälften derartig angenietet ist, dass ihre Winkeleisenschenkel über die Schenkel des gedrückten Stabes aufgekröpft sind. Alle gedrückten Stäbe haben in gewissen Abständen schmale Zwischenlagen aus Flacheisen erhalten und sind mit diesen vernietet worden, damit keine Stabhälfte für sich einknicken kann.

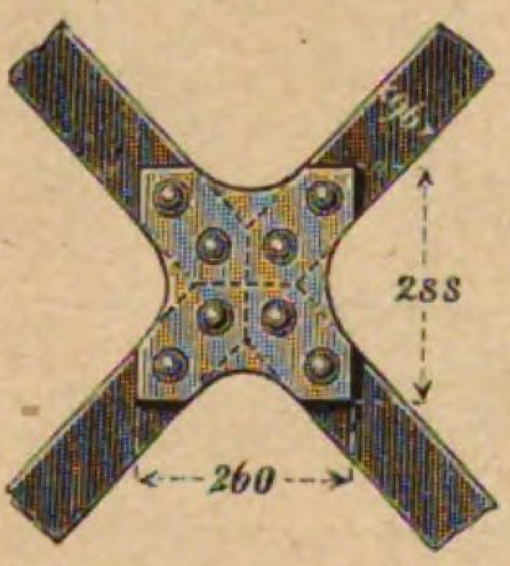
Fig. 181.



Die verticalen Stäbe der Fig. 178 werden auf Zug beansprucht; hier dienen dieselben aber zur Befestigung der Fahrbahn, die um ca. $^2/_5$ der Trägerhöhe von der unteren Gurtung absteht. Diese Verticalstäbe sind daher aus Winkeleisen construirt, welche genügende Steifigkeit gewähren und zweckmässige Anbringung der Fahrbahn gestatten.

Bei grossen Fachwerkträgern ist es für die Aufstellung derselben in manchen Fällen erforderlich, dass die gezogenen aus Flacheisen bestehenden Diagonalen an den Kreuzpunkten gestossen werden. Dies geschieht, nach Fig. 182, durch doppelte Stossplatten, von denen jede die halbe Stärke der Stäbe besitzt und die genügende Länge haben, um die nöthige Anzahl Nieten aufnehmen zu können. Die Nieten für jedes Stabende erhalten zusammen genommen eine Querschnittfläche, die **halb** so gross ist, wie der Querschnitt des Stabes an der Stelle, wo sich ein Nietloch befindet, indem die Nieten **zweischnittig** beansprucht werden.

Fig. 182.

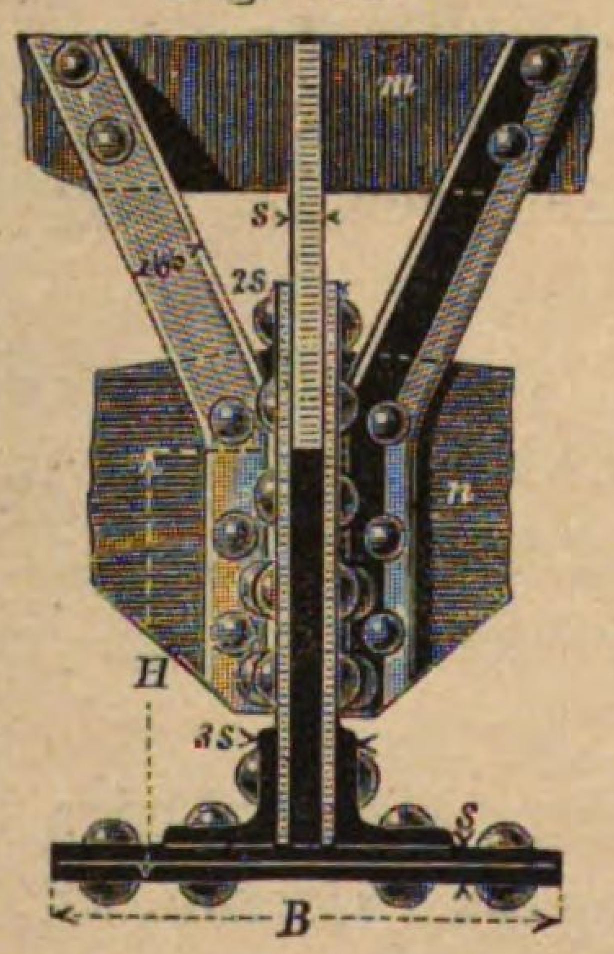


Den Gurtungen der Fachwerkträger giebt man im Allgemeinen am zweckmässigsten einen T-förmigen Querschnitt, aus Flacheisen und Winkeleisen zusammen gesetzt. Derartige Querschnitte zeigen Fig. 183 und 184. Die Winkeleisen liegen nicht dicht an dem verticalen Schenkel der T-Form, sondern es ist so viel Spielraum gelassen, dass die Bleche, woran die Diagonalen genietet sind, noch zwischen diesem Schenkel und den Winkeleisen Raum haben, Fig. 184; diese Bleche dienen auch zugleich als Stossplatten für den verticalen Schenkel der Gurtungen. Auf den Strecken, wo die Stossplatten nicht vorkommen, sind, nach Fig. 183, entsprechend starke Einlagen zwischen die Winkeleisen und den Gurtungsschenkel gelegt und ist an diesen Stellen die feste Verbindung der Theile durch ein Niet bewirkt. Die Diagonalen und der verticale Gurtungsschenkel haben eine gleiche Eisenstärke s, wonach die Stärke der Stossplatten mit einer Diagonale zusammen genommen $= 2\,s$ und diese Stärke mit den beiden Winkeleisenschenkeln zusammen $= 3\,s$ gemacht ist. Die verwendeten Nieten haben einen Durchmesser $= s$ erhalten. Die beiden Querschnitte Fig. 183 und 184 gehören zu dem in Fig. 169 dargestellten **Schwedler**'schen Träger und zwar ist Fig. 183 der Querschnitt der gedrückten, Fig. 184 der Querschnitt der gezogenen Gurtung. In der gedrückten oberen Gurtung sind die Dimensionen, für den Träger Fig. 169, in Centim. ausgedrückt: $B = 36{,}6$; $H = 30{,}7$; $s = 2{,}6$; die Deckplattenstärke je $= 1$; die Winkeleisen $= 7{,}8$ Schenkellänge bei 1,6

Fig. 183.



Fig. 184.



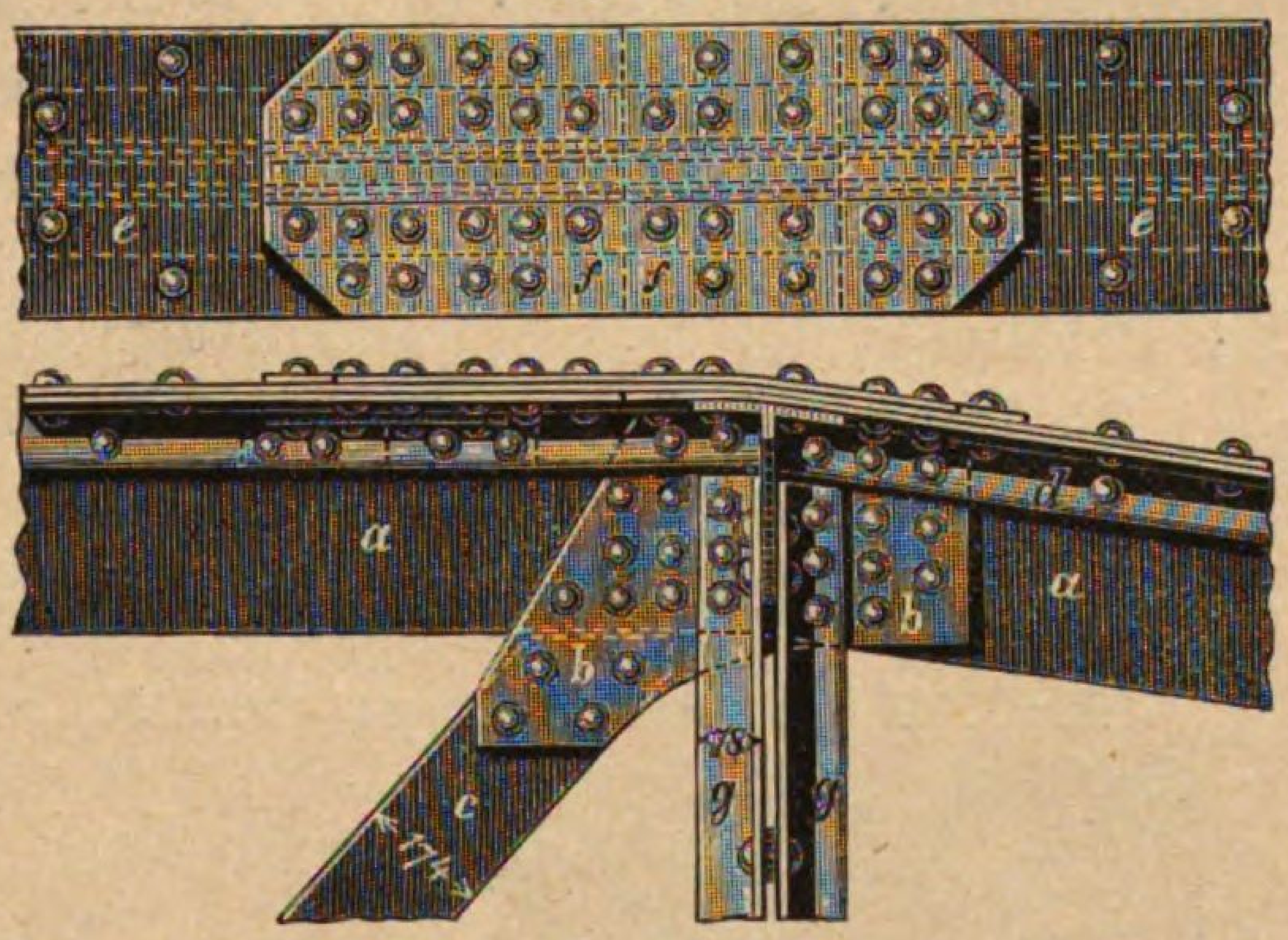
mittlerer Stärke und die Stossplatten je = 1,3 Stärke. Die untere gezogene Gurtung dagegen hat die Dimensionen: $B = 39{,}2$; $H = 35{,}3$; $s = 2{,}6$; die Deckplattenstärke je = 1,3; die Winkeleisen = 9,1 Schenkellänge bei 1,3 mittlerer Stärke und die Stossplatten je 1,3, wobei die sämmtlichen Niete 2,6 Centim. Durchmesser haben.

Die zweite Deckplatte der unteren Gurtung erstreckt sich nur über die drei mittleren Felder des Trägers, während die Gurtung in den übrigen Feldern nur eine Deckplatte hat. In der oberen Gurtung aber laufen beide Deckplatten von einem Auflager zum andern, indem die Verstärkung der Gurtung in den drei mittleren Trägerfeldern durch stärkeres Winkeleisen bewirkt ist. Bei gleicher Schenkellänge besitzt das Gurtungswinkeleisen hier 1,6, in den übrigen Feldern aber nur 1,3 Centim. mittlere Stärke.

Der Raum zwischen den Winkeleisen und der Verticalrippe in den Gurtungen ist mit Asphalt ausgefüllt, wodurch das Eindringen des Regenwassers in die Fugen vermieden wird.

Die Ansicht und der Grundriss einer Stossverbindung im Knotenpunkte *g* (Fig. 169) der gedrückten Gurtung ist in Fig. 185 dargestellt. Der Stoss der Verticalschenkel *a* liegt also sehr nahe an dem Stoss der Deckplatten *e* und der Winkeleisen *d*, was als sehr zweckmässig bezeichnet werden kann, da sämmtliche Stösse eine gemeinsame Stossplatte *f* in dem horizontalen Schenkel der Gurtung erhalten konnten. Die Deckplatten *b* verbinden durch eine genügende Nietzahl die beiden Theile *aa* des Verticalschenkels der Gurtung und nehmen zugleich das diagonale Zugband *c* zwischen sich auf, welches mit vier Nieten, die zweischnittig beansprucht werden, befestigt ist. Die Winkeleisen der Gurtung haben zwei Stossplatten aus Flacheisen, von denen die eine, von 38 Centim. Länge, hinter dem Winkeleisen liegt, während die andere auf dem horizontalen Schenkel von aussen angebracht ist, wobei die Niete versetzt sind, damit das Winkeleisen nur durch **ein** Nietloch geschwächt wird.

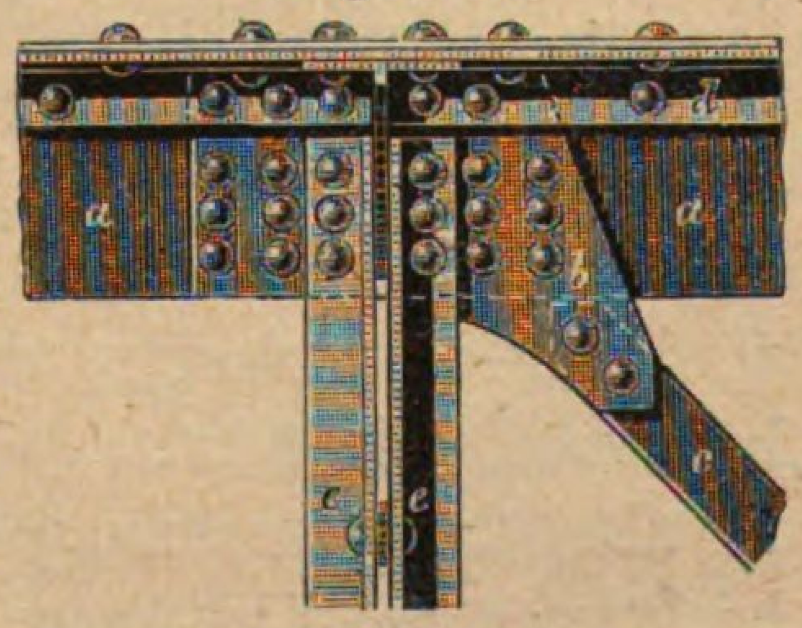
Fig. 185.



Die verticalen Streben des Trägers bestehen aus vier Winkeleisen von je 7,8×6,5 Centim. Schenkellänge bei 1,0 Centim. mittlerer Stärke. Diese haben die obere Gurtung gegen seitliches Ausbiegen auszusteifen und ausserdem werden sie auf Zug beansprucht, indem sie die Träger der Brückenfahrbahn aufnehmen, die an den Blechen *m* und *n*, Fig. 184, befestigt sind. Sie sind daher an der oberen Gurtung auf die Stossplatten *b* genietet, wobei die beiden anderen Schenkel des Winkeleisens je ein T-förmiges Schmiedestück zwischen sich aufnehmen, welches mit den Deckplatten der Gurtung vernietet ist und diese gegen Ausbiegung schützt. In der Breite des Trägers sind die Winkeleisenpaare der Verticalen aus einander gebogen und durch gekreuzte Gitterstäbe mit einander verbunden, wobei sie in 78 Centim. Höhe von der Aussenkante der unteren Gurtung die grösste Breite von 52 Centim. erreichen, von hier aus laufen sie wieder geradlinig gegen die obere Gurtung.

Den näher am linken Auflager liegenden Knotenpunkt *h* der oberen Gurtung des Trägers (Fig. 169) zeigt Fig. 186. Hier findet nur ein Stoss der Verticalrippe statt und ist derselbe durch die zur Aufnahme der Diagonalen dienenden Stossplatten gedeckt. Die Nieten, welche die Deckplatten unter sich und die Deckplatten mit den Winkeleisen verbinden, haben in der gedrückten Gurtung ca. 16 Centim. Entfernung, wobei immer die Nieten wechseln, so dass einmal zwei Nieten ausserhalb der Winkeleisen sitzen und dann wieder zwei kommen, welche die Winkeleisen mit den Deckplatten verbinden, durch welche Anordnung der Gurtungs-Querschnitt nur durch zwei Nietlöcher geschwächt wird.

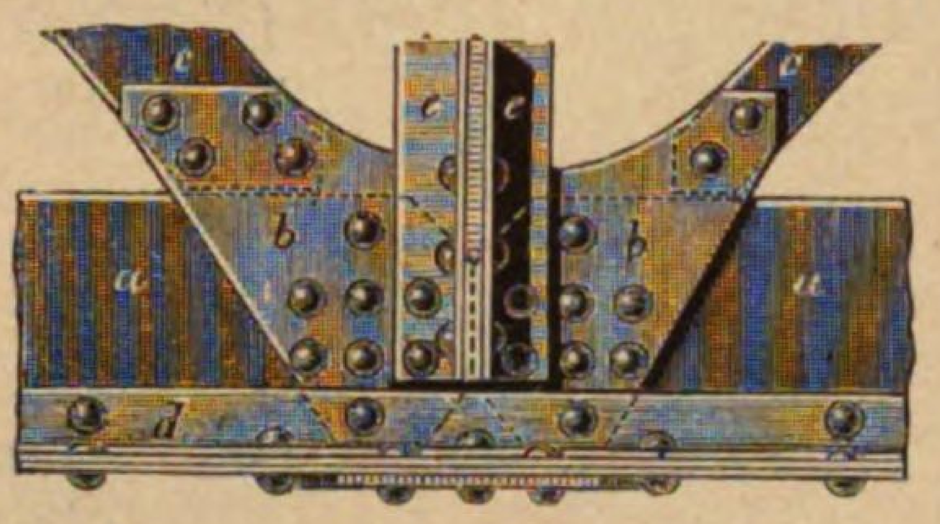
Fig. 186.



In derselben Reihe befinden sich die Nieten also in ca. 32 Centim. Entfernung. In der gezogenen Gurtung ist die Nietentfernung grösser genommen und zwar = ca. 48 Centim. in einer Reihe.

Durch Fig. 187 ist der nach dem linken Auflager zu liegende Knotenpunkt *d* der unteren gezogenen Gurtung wiedergegeben. Die Bleche zur Befestigung der Diagonalen dienen auch hier als Stossplatten für die Verticalrippe der Gurtung. Zu jeder Seite der Stossfuge sind acht Stück zweischnittig beanspruchte Nieten vorhanden, deren Gruppirung die Fig. 187 angiebt, dabei sind die Ecken von den Enden der Verticalrippe abgeschnitten, damit die drei Nietreihen jeder Gruppe (siehe S. 61) möglichst gleichmässig beansprucht werden. Die 16 Nietschnitte an jeder Seite der Stossfuge haben eine Querschnittfläche von 84,9 □Centim., während die volle Verticalrippe 84,5 □Centim. besitzt. Die schmälere durch ein Nietloch geschwächte Diagonale hat einen Netto-Querschnitt von 18 □Centim., wogegen die vier Querschnitte der beiden Niete 21,2 □Centim. Fläche haben. Auch die breitere Diagonale wird nur durch ein Nietloch geschwächt und ist ihr Netto-Querschnitt = 38,3 □Centim.; die vier Nieten, welche sie halten, besitzen in ihren acht Schnitten einen Flächeninhalt von 42,4 □Centim.

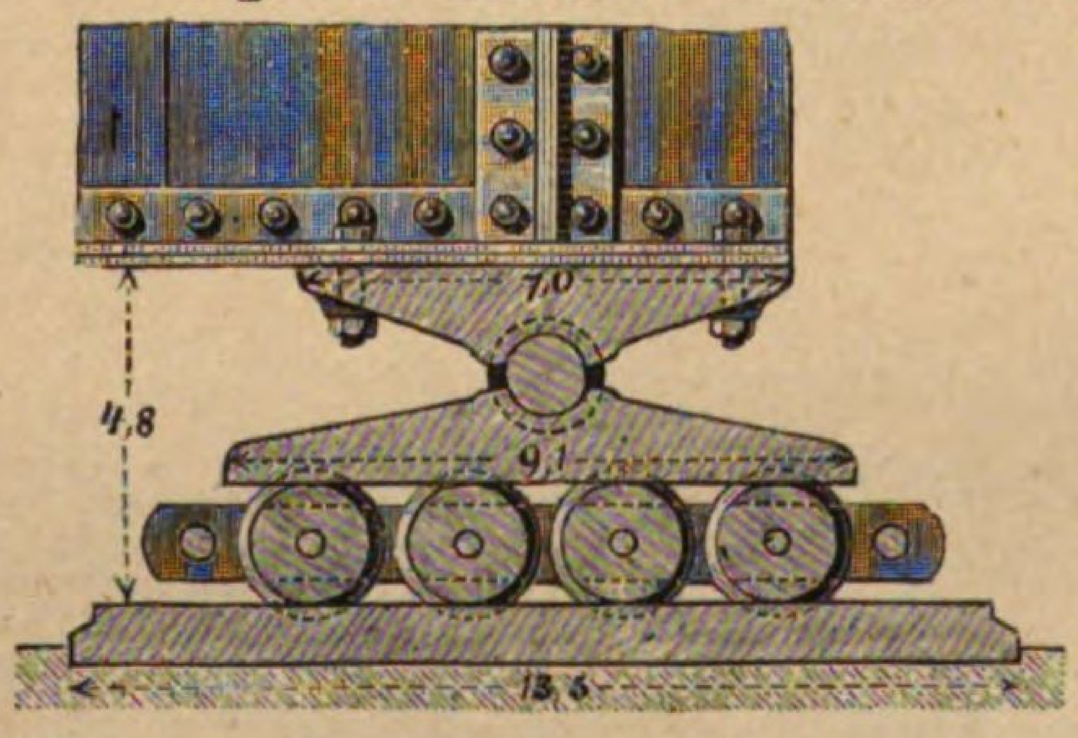
Fig. 187.

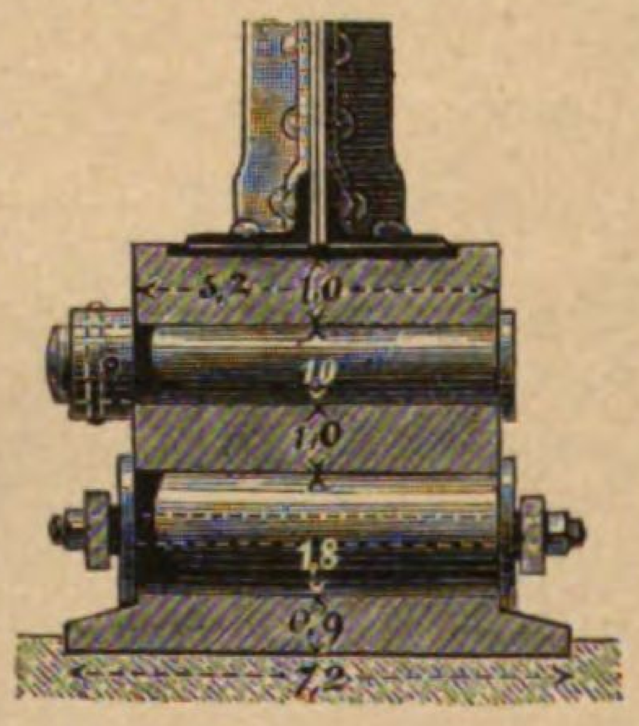


Bei langen und stark belasteten Trägern (von ca. 15 Meter Länge ab) muss bei der Auflagerconstruction sowohl Rücksicht auf die Durchbiegung wie auf die Längenänderung des Trägers genommen werden, welche durch die Belastung und Temperaturänderung hervor gerufen wird.

Die Uebertragung des Trägerdruckes auf die Stützen geschieht daher am besten durch **Balancier-** und **Rollenauflager**, wie ein solches in Fig. 188 im Längenschnitte und in Fig. 189 im Querschnitte dargestellt ist*). Ein unter dem Trägerende befestigtes ausgedrehtes Lager balancirt auf einem ebenfalls abgedrehten cylindrischen Bolzen, wodurch dem Träger freie Durchbiegung gestattet ist. Dieser Bolzen liegt in dem unteren Lager, welches den Trägerdruck vermittelst der vier Walzen auf die untere grössere Auflagerplatte überträgt. Die Rollen sind cylindrisch abgedreht, von genau gleich grossem Durchmesser, sie haben an ihren Enden Führungsränder, die sich gegen das obere und untere Lager legen und eine seitliche Ausweichung des Lagers verhindern, dabei drehen sich ihre Axen in einem Rahmen aus Flacheisen, der den Rollen keine Distanzänderung gestattet. Die beiden Lagerflächen, zwischen denen die Rollen liegen, sind genau gerade und möglichst glatt gehobelt, so dass bei eintretender Längenänderung des Trägers von Seiten des Auflagers kein erheblicher Widerstand entgegen gesetzt wird.

Fig. 188 und 189. Balancier- und Rollenauflager.





Die untere Auflagerplatte hat den Druck des Trägers auf eine genügend grosse Fläche zu vertheilen, damit das Mauerwerk nicht stärker als zulässig gepresst wird, auch muss die Platte auf der ganzen Fläche gut aufliegen, was am zweckmässigsten dadurch erreicht wird, dass man einen dünnen Cementguss unter dieselbe bringt, wobei die Platte zuvor horizontal gelegt ist.

Bei der Berechnung der einzelnen Dimensionen des Rollenauflagers gelangt man am leichtesten ans Ziel, wenn man mit dem Balancier-Bolzen beginnt; derselbe wird auf etwa

*) Dieses Rollenauflager besteht aus Bessemer-Stahl und ist für den Nordwestbahnviaduct über die Thaya bei Znaim construirt. Förster's Bauzeitung 1873. S. 108.

$^5/_{12} = 0{,}42$ seines Umfanges von dem Ober- und Unterlager umfasst, der erforderliche Durchmesser lässt sich daher leicht ermitteln.

Nennt man:

R den Auflagerdruck des Trägers, d. i. die Reaction,

d den Bolzendurchmesser,

B die Breite des Bolzens zwischen den Lagern,

k die zulässige Belastung pro Flächeneinheit (400 bis 600 Kilogr. pro □Centim.),

so ist:

$$0{,}42\ \pi\ d\ B\ k = R;\ \text{oder}\ d = \frac{R}{0{,}42\ \pi\ k\ B} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (138)$$

Auf diesen Bolzendurchmesser, $d = 1$ gesetzt, beziehen sich die in Fig. 188 und 189 eingeschriebenen Verhältnisszahlen.

Das auf den Rollen aufliegende Lager ist als zwei Balkenhälften zu berechnen, die gleichmässig belastet und in der Mitte fest eingeklemmt sind. Die Dimensionen lassen sich nach den auf S. 46 gegebenen Formeln bestimmen.

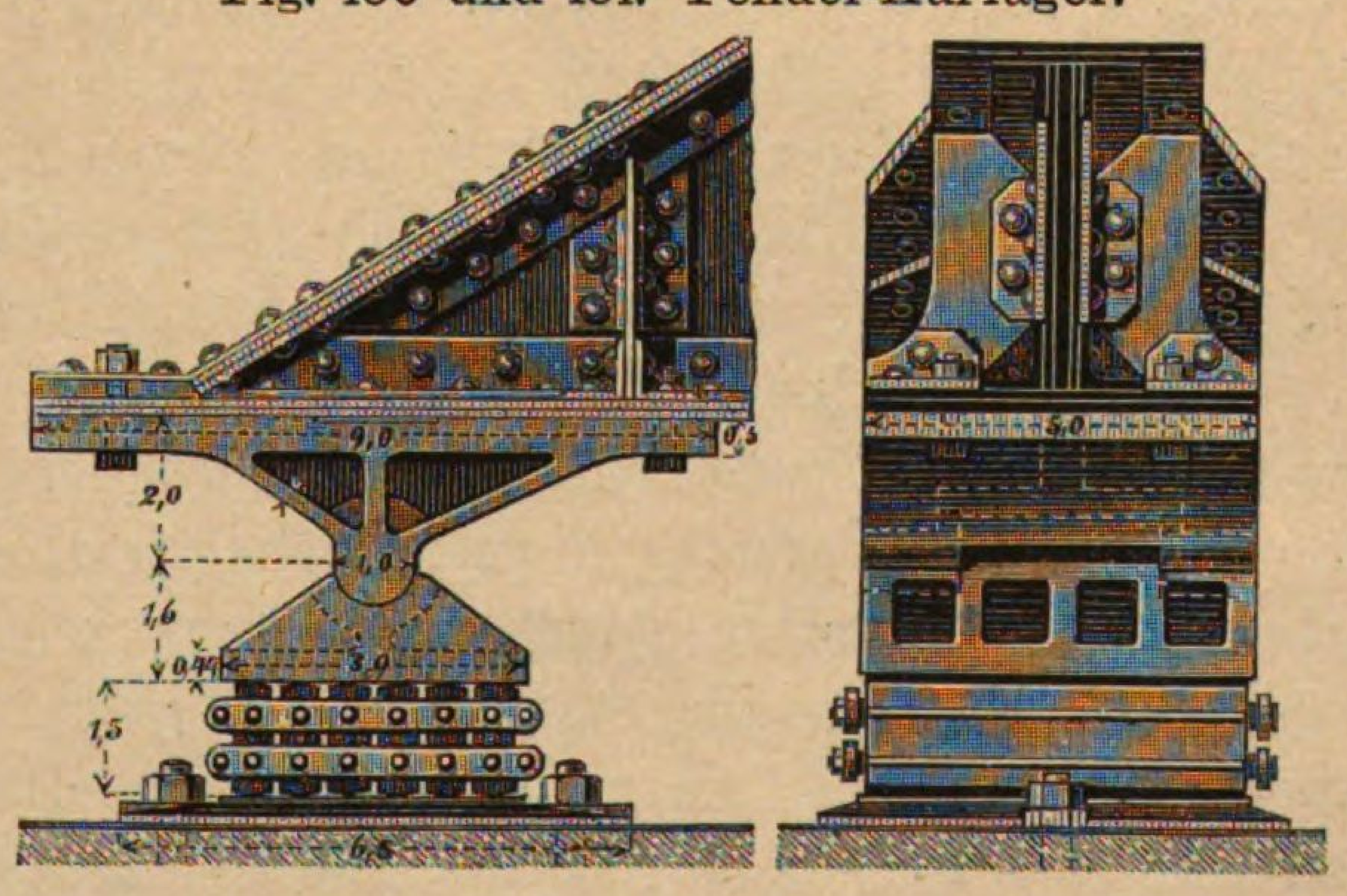
Zur Ermittelung der Anzahl, der Länge und des Durchmessers der Rollen kann man annehmen, dass ebene guss- und schmiedeeiserne Flächen von den Walzen einen Druck erleiden dürfen, der pro Centim. des Durchmessers der Walzen und pro Centim. ihrer Länge mindestens 7 Kilogr. beträgt. Eine Rolle von 6 Centim. Durchmesser und 25 Centim. Länge würde daher wenigstens 6 . 25 . 7 = 1050 Kilogr. auf die untere Auflagerplatte übertragen dürfen.

Bei dem in Fig. 190 in der Seitenansicht und in Fig. 191 im Schnitte des Trägers dargestellten **Pendel-Auflager***) sind, anstatt der Rollen, Pendel oder Partial-Rollen angewendet, welche durch zwei Rahmen mit beweglichen Zapfen zusammen gehalten werden. Hierdurch sind die Stützpunkte der Rollen, bei grösserem Durchmesser der letzteren, näher an einander gerückt, wodurch der Druck des auf den Pendeln liegenden Sattels besser auf die Lagerplatte übertragen wird.

Der grösste Druck, den dieser Pendelsatz für den Träger, Fig. 169, zu übertragen hat, ist: $R = 1272$ Ctr. $= 63600$ Kilogr. Da nun sechs Stück Pendel vorhanden sind und da dieselben 15,7 Centim. Höhe und 52 Centim. Länge haben, so erleiden sie pro Centimeter Durchmesser und Länge einen Druck von $\frac{63600}{6\ .\ 15{,}7\ .\ 52} = 13$ Kilogr.

Die in den beiden Figuren eingeschriebenen Verhältnisszahlen beziehen sich auf den Durchmesser des Balancier-Halbzapfens, der = 1 gesetzt und der hier = 10,5 Centim. ist. Dieser Zapfen hat, wie Fig. 191 zeigt, eine gelenkartige Construction erhalten, die jedoch nicht gerade empfehlenswerth sein dürfte, da die Ausführung desselben hierdurch unnöthig erschwert wird. Derselbe passt nicht genau in seiner Lagerschale, sondern diese ist um ca. 3 Millim. weiter, damit der Zapfen leicht balancirt, indem er nur in der Mitte aufliegt, und damit er nicht etwa festrosten kann.

Fig. 190 und 191. Pendel-Auflager.



Die Längenausdehnung des Schmiedeeisens ist bei einer Wärmezunahme von 0 bis 100 Grad C. $= 100\ d = 0{,}001235 = {}^1/_{812}$; die des Stahls $= 100\ d = 0{,}001079 = {}^1/_{927}$, wenn d den Ausdehnungscoefficienten, d. i. das Stück, um welches die Längeneinheit bei

*) Dasselbe wurde für den in Fig. 169 gegebenen **Schwedler**'schen Träger der Brahe-Brücke aus Gusseisen ausgeführt.

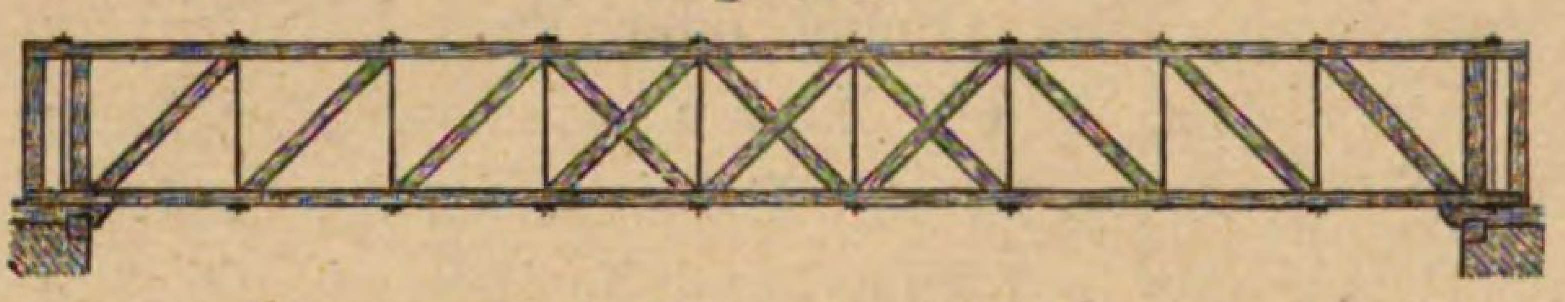
jedem Grade der Temperaturerhöhung zunimmt, bezeichnet. Ein im Freien liegender Träger kann daher durch die grösste vorkommende Temperaturdifferenz sich niemals um $^1/_{1000}$ seiner Länge ausdehnen oder zusammenziehen.

Hiernach ist die grösste Bewegung, die in den Rollen oder Pendeln vorkommen kann, leicht zu ermitteln.

Die beiden Deckplatten der gedrückten Gurtung des Trägers stossen am Auflager stumpf gegen ein 1,6 Centim. starkes und 52,3 Centim. breites Blech, über welches wieder eine 1 Centim. starke Stossplatte gelegt ist. Diese drei Theile sind mit 15 Stück Nieten in drei Reihen verbunden, wovon in der äusseren Reihe 6, in der mittleren 5 und in der 3. Reihe 4 Niete vorkommen. Die beiden Verticalschenkel der Gurtungen sind am Auflager zur Ausgleichung der Druck- und Zugspannungen zu beiden Seiten mit einer Blechplatte überdeckt, die auch hinter die Winkeleisen greifen und eine solche Länge haben, das für jede Verticalrippe ausser den Winkeleisennieten noch sieben andere Nieten angebracht werden konnten. Der Verticalschenkel der gedrückten Gurtung läuft bis zu den Deckplatten der gezogenen Gurtung durch, so dass der Verticalschenkel dieser letzteren schräg gegen den ersteren stösst. Zur Absteifung der beiden Gurtungen gegen einander dienen die quer gestellten Verticalbleche, welche nach Fig. 190 und 191 sowohl mit der unteren wie mit der oberen Gurtung und dem Verticalschenkel vernietet sind.

Gitterträger, welche aus Holz und Eisen construirt werden, erhalten Streckbalken und Diagonalstreben aus Holz, dagegen aber verticale Anker aus Schmiedeeisen. Ein derartiger zweckmässig construirter Gitterträger ist in Fig. 192 dargestellt. In den mittleren Trägerfeldern müsste, wenn in jedem Felde nur eine Strebe vorhanden wäre, diese sowohl Druck- wie Zugspannung aufnehmen, da sie aber zur Aufnahme von Zugspannung unfähig sind, so sind die Streben in den Feldern, wo Druck- und Zugspannungen vorkommen, zu kreuzen, wobei sie an der Kreuzungsstelle überschnitten werden müssen; hierbei ist zu beachten, dass die Hauptstrebe möglichst wenig geschwächt werden darf, diese also weniger als die Nebenstrebe einzuschneiden ist.

Fig. 192.



Von Bedeutung ist für diese **Howe**'schen Träger die solide Verbindung der beiden Streckbalken an den Auflagern. Es werden zu diesem Zwecke, in geringer Entfernung von einander, zwei verticale Hölzer zwischen die Streckbalken gestellt und mit diesen verzapft, worauf in dem Zwischenraum der beiden Verticalhölzer ein schmiedeeiserner Anker durch die Streckbalken gezogen wird, der diese fest auf die Verticalhölzer presst und somit eine feste Verbindung des Ganzen bewirkt.

Zur besseren Unterstützung der Trägerenden am Auflager dienen Sattelhölzer, die mit dem unteren Streckbalken verdübbelt und verschraubt sein können.

Die Streckbalken erhalten in ihrer ganzen Länge einen gleich grossen Querschnitt, wobei sie, wenn Stossverbindungen nöthig werden, **stumpf** gegen einander stossen. Die Stossverbindung des oberen gedrückten Streckbalkens erfolgt durch aufgeschraubte Stossplatten, die denselben gegen Ausbiegung schützen. In dem unteren gezogenen Streckbalken aber müssen die Stossplatten die ganze Zugspannung, welche in dem Balken vorkommt, aufnehmen, sie müssen also in den Balken eingreifen ohne denselben wesentlich zu verschwächen, was sich in verschiedener Weise ausführen lässt. Die Streckbalken kann man dadurch beliebig verstärken, dass man mehrere (zwei bis vier) neben einander legt und diese mittelst Dübbel und Schraubenbolzen mit einander vereinigt. In solchen Fällen brauchen die gekreuzten Streben nicht überschnitten zu werden, sondern die Hauptstrebe kann aus mehreren Theilen bestehen, zwischen denen die Nebenstrebe hindurchläuft.

Wie die Strebenköpfe und die Anker mit den Streckbalken zu verbinden sind, zeigen die Fig. 193 und 194. Die einfache Strebe, Fig. 193, greift mit Versatz in die beiden

Streckbalken, wobei die Versetzung so einzurichten ist, dass einerseits der Streckbalken nicht erheblich geschwächt, andererseits aber die Versatzfläche der Strebe gross genug ist, damit die Widerstandsfähigkeit des Holzes nicht übermässig in Anspruch genommen wird. Bei dem Zusammenstoss zweier Streben ist dies nach Fig. 194 leicht zu erreichen.

Fig. 193.

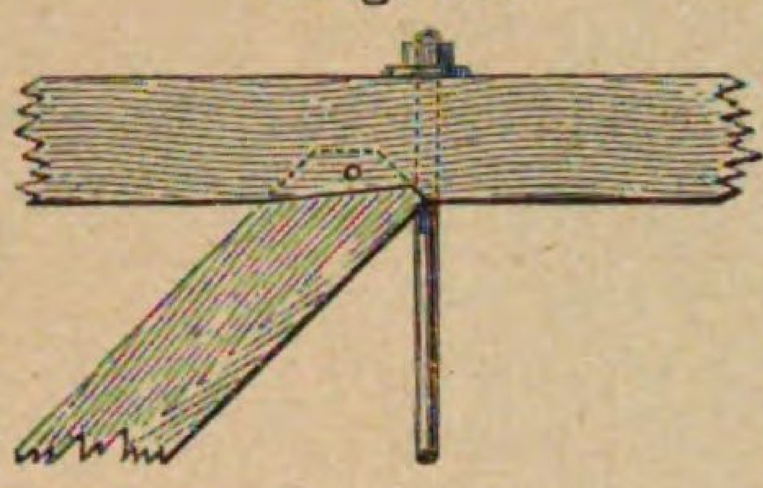
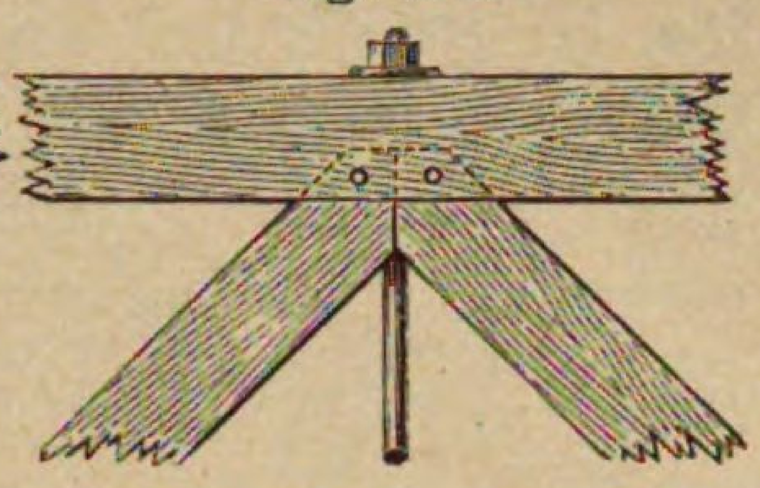


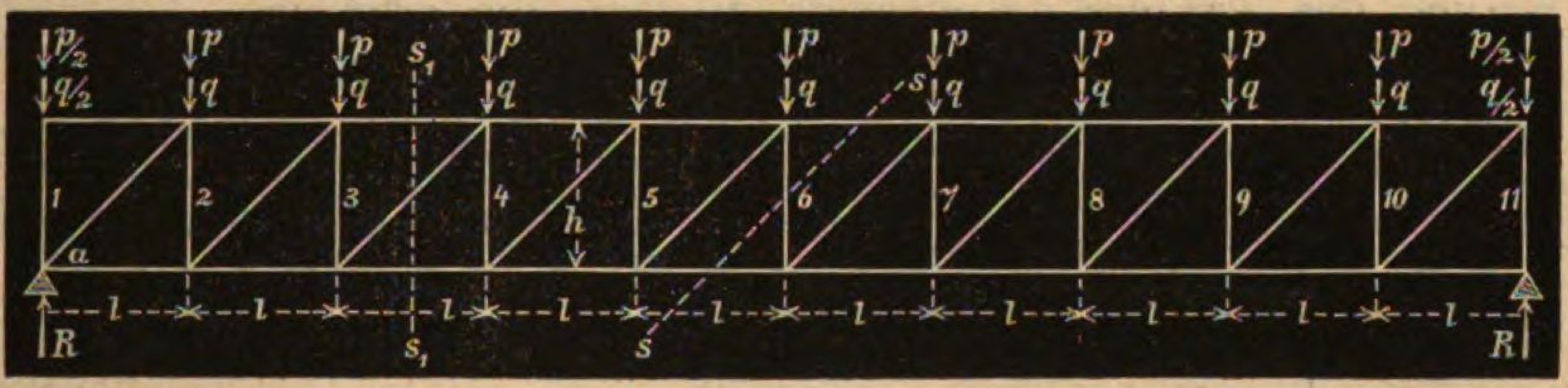
Fig: 194.



§. 64. Berechnung der Spannungen in den Fachwerkträgern mit parallelen Gurtungen.

Die **Ritter**'sche Methode der statischen Momente (§. 56 S. 80) eignet sich wegen ihrer Einfachheit und Uebersichtlichkeit vorzüglich zur Berechnung der Spannungen in den Fachwerkträgern. Bei dem in Fig. 195 angedeuteten Fachwerkträger, nach dem **einfachen** System des **rechtwinkligen** Dreiecks, seien die Belastungen der Knotenpunkte aus dem Eigengewicht des Trägers und dessen Nebenconstructionen, der **permanenten** (constanten) Belastung p und der **veränderlichen** (zufälligen, temporären, variablen, mobilen) Nutzlast q zusammengesetzt. Diese letztere ist bei Brücken von dem Gewicht der Eisenbahnzüge, der Fuhrwerke und des Menschengedränges, im Hochbau von Schnee- und Winddruck etc. abhängig. Durch Verschieben der veränderlichen Belastung von einem Auflager zum andern kann sich diese nur über **einen Theil** der Trägerlänge erstrecken, und bei dieser **schiefen Belastung** können einzelne Constructionstheile stärker angestrengt werden, als bei **vollständiger Belastung** des Trägers. Bei Berechnung der Spannungen ist es daher nöthig, diesen Umstand zu berücksichtigen, was bei der **Ritter**'schen Methode leicht dadurch erreicht wird, dass man zunächst sämmtliche Knotenpunkte eines Trägerstückes vollständig belastet annimmt und für diesen Zustand, nach den (S. 80) besprochenen Regeln, die Momentengleichung für den betreffenden Constructionstheil aufstellt. Diese Gleichung ordnet man dann so, dass durch **ein einzelnes Glied** mit leicht erkennbarem Vorzeichen der Einfluss einer jeden **veränderlichen** Belastung daraus ersichtlich ist. Um nun die grösste **Zugspannung** (max) zu finden, lässt man diejenigen von den **veränderlichen** Belastungen aus der Gleichung weg, welche eine Verminderung der Zugspannung bewirken. Ebenso lässt man zur Bestimmung der grössten **Druckspannung** (min), die als negative Grösse kleinste Zugspannung ist, alle die veränderlichen Belastungen fehlen, welche in der Gleichung zur Vergrösserung der Spannung beitragen.

Fig. 195.



Durch Führung der verticalen Schnitte $s_1 s_1$, Fig. 195, durch die Trägerfelder (1) bis (9), lassen sich für jedes Trägerstück die Momentengleichungen zur Berechnung der Spannungen in den beiden Gurtungen und in den Diagonalen aufstellen, da nur diese drei Constructionstheile von den Schnitten getroffen werden. Zur Berechnung der Spannungen in den Verticalen sind die schrägen Schnitte $s\,s$ zu führen.

Die im dritten Trägerfelde, Fig. 196, vorkommende Spannung Z findet sich, wenn man als Drehpunkt den Durchschnittspunkt n der anderen beiden mit durchschnittenen Kräfte X und Y wählt; in Bezug auf diesen Punkt n ist die Momentengleichung:

$$-Z\,.\,h + R\,.\,3\,l - (p+q)\,l - (p+q)\,2\,l - \left(\frac{p}{2} + \frac{q}{2}\right)3\,l = 0 \quad . \quad (139)$$

Der Werth für die Reaction des Auflagers ist:

$$R = 5\,(p+q) = (p+q)\,[{}^1\!/_{10} + {}^2\!/_{10} + {}^3\!/_{10} + {}^4\!/_{10} + {}^5\!/_{10} + {}^6\!/_{10} + {}^7\!/_{10} + {}^8\!/_{10} + {}^9\!/_{10} + {}^1\!/_2] \quad (140$$

Substituirt man diesen Werth in (139), so hebt sich das letzte Glied in dieser Gleichung $-\left(\frac{p}{2}+\frac{q}{2}\right) 3\,l$ gegen das von der Auflager-Reaction herrührende Glied $+\,^1\!/_2\,(p+q)\,3\,l$. Die beiden übrigen negativen Glieder $-(p+q)\,l$ und $-(p+q)\,2\,l$ können mit den positiven Gliedern des Auflagerdruckes für jeden Knotenpunkt vereinigt werden, man erhält dann die Glieder $(p+q)\,(^8\!/_{10}\,.\,3\,l-l)$ und $(p+q)\,(^9\!/_{10}\,.\,3\,l-2\,l)$, wodurch die Gleichung (139) folgende Form annimmt:

$$0=-Z.h+(p+q)\,[(0{,}1+0{,}2+0{,}3+0{,}4+0{,}5+0{,}6+0{,}7)\,3l+(0{,}8.3l-l)+(0{,}9.3l-2l)] \quad (141)$$

und hieraus wird:

$$Z=+\frac{(p+q)\,[(0{,}1+0{,}2+0{,}3+0{,}4+0{,}5+0{,}6+0{,}7)\,3\,l+(0{,}8\,.\,3\,l-l)+(0{,}9\,.\,3\,l-2\,l)}{h} \quad (142)$$

Zur Berechnung von X hat man den Durchschnittspunkt m der beiden Kräfte Y und Z als Drehpunkt, und für diesen die Momentengleichung:

$$0=X\,.\,h+R\,.\,2l-(p+q)\,l-\left(\frac{p}{2}+\frac{q}{2}\right)2\,l \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (143)$$

In diese Gleichung den Werth von R aus (140) substituirt ergiebt nach der Umformung:

$$0=X\,.\,h+(p+q)\,[(^1\!/_{10}+{}^2\!/_{10}+{}^3\!/_{10}+{}^4\!/_{10}+{}^5\!/_{10}+{}^6\!/_{10}+{}^7\!/_{10}+{}^8\!/_{10})\,2\,l+(^9\!/_{10}\,.\,2\,l-l)] \quad (144)$$

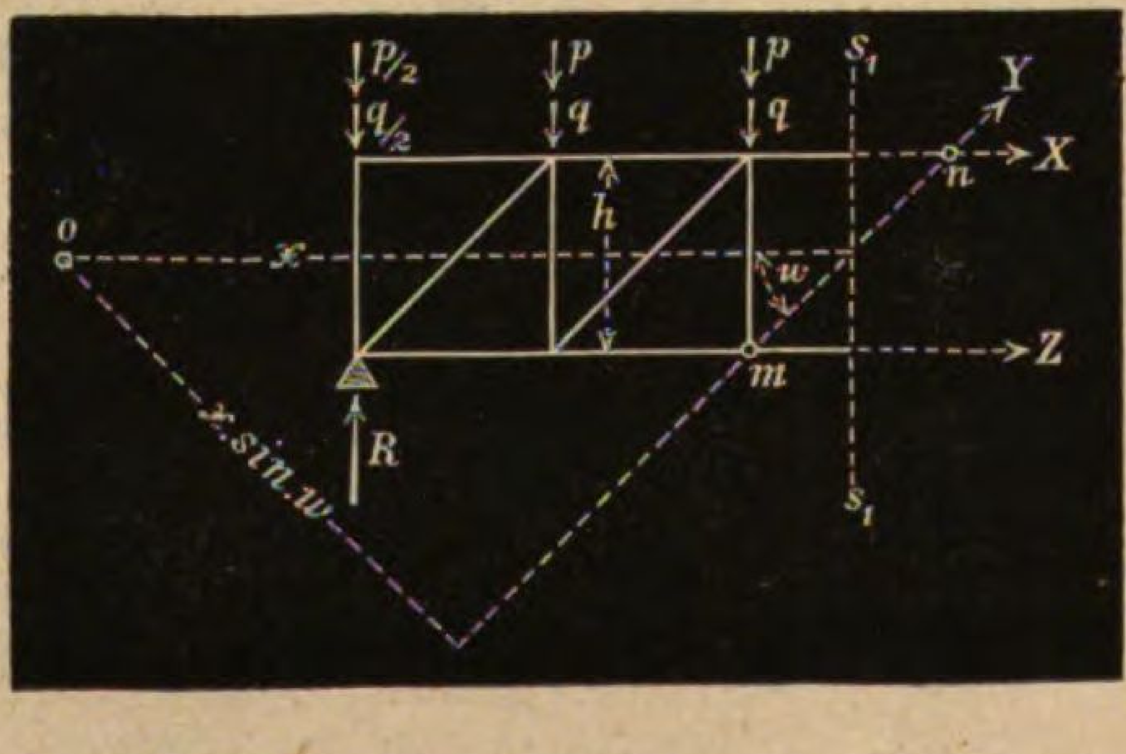
und daher:

$$X=-\frac{(p+q)\,[(0{,}1+0{,}2+0{,}3+0{,}4+0{,}5+0{,}6+0{,}7+0{,}8)\,2\,l+(0{,}9\,.\,2\,l-l)]}{h} \quad . \quad (145)$$

Aus (141) und (144) ist leicht zu ersehen, dass die Gurtungen bei **vollständiger** Belastung des Trägers die stärkste Anstrengung erleiden.

Um die Kraft Y in den Diagonalen berechnen zu können, hat man die Momentengleichung für den Durchschnittspunkt der beiden Kräfte X und Z aufzustellen. Dieser Drehpunkt o liegt in unendlicher Entfernung auf der horizontalen Mittellinie des Trägers. Läge o in der endlichen Entfernung im Abstande x von dem Schnittpunkte der Kraft Y mit der horizontalen Mittellinie des Trägers, so würde der Hebelarm von Y, nach Fig. 196, gleich $x\,.\,\sin w$ sein. Da aber der Punkt o ins Unendliche fortrückt, so wird $x=\infty$, und es ist $\infty \sin\,.\,w$ der Hebelarm der Kraft Y. Die Momentengleichung für diese Kraft erhält daher die Form:

Fig. 196.



$$0=-Y\,.\,\infty\,.\,\sin w-R\,.\,\infty+(p+q)\,\infty+(p+q)\,\infty+\left(\frac{p}{2}+\frac{q}{2}\right)\infty \quad . \quad (146)$$

Da aber alle Glieder den Factor ∞ gemeinschaftlich haben, so kann dieser wegfallen und es wird:

$$0=-Y\,.\,\sin w-R+(p+q)+(p+q)+\left(\frac{p}{2}+\frac{q}{2}\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (147)$$

Substituirt man hierin wieder für R seinen Werth aus (140), so ist:

$$0=-Y.\sin w-(p+q)\,[^1\!/_{10}+{}^2\!/_{10}+{}^3\!/_{10}+{}^4\!/_{10}+{}^5\!/_{10}+{}^6\!/_{10}+{}^7\!/_{10}-(1-{}^8\!/_{10})-(1-{}^9\!/_{10})-(^1\!/_2-{}^5\!/_{10})]$$

und wenn die Glieder, welche die permanente Last p enthalten, von den Gliedern mit der veränderlichen Last q getrennt, und in positive und negative Gruppen eingetheilt werden:

$$\begin{aligned}0=-Y\,.\,\sin w&-p\,[0{,}1+0{,}2+0{,}3+0{,}4+0{,}5+0{,}6+0{,}7-(1-0{,}8)-(1-0{,}9)]\\&-q\,(0{,}1+0{,}2+0{,}3+0{,}4+0{,}5+0{,}6+0{,}7)+q\,[(1-0{,}8)+(1-0{,}9)]\end{aligned} \quad (148)$$

$$Y=\frac{-p\,[0{,}1+\ldots 0{,}7-(1-0{,}8)-(1-0{,}9)]-q\,(0{,}1+\ldots 0{,}7)+q\,[(1-0{,}8)+(1-0{,}9)]}{\sin w} \quad (149)$$

Aus dieser Gleichung erhält man Y (max) resp. Y (min), wenn man entweder die positive Gruppe der Glieder der veränderlichen Last q, oder deren negative Gruppe daraus weglässt und den sich jedesmal ergebenden Betrag herausrechnet.

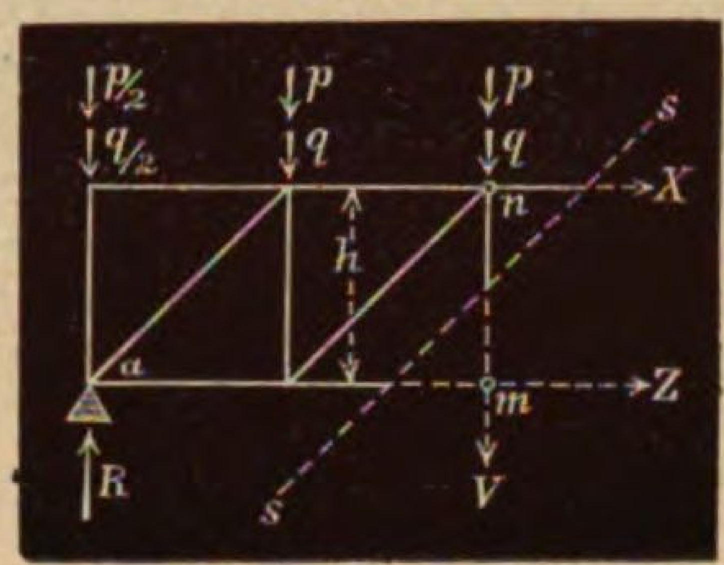
Die Spannung der Verticalen lässt sich durch Führung des Schnittes ss, Fig. 197, bestimmen, wenn die Momentengleichung für den Durchschnittspunkt der Kräfte X und Z aufgestellt wird.

Es ist für diesen Drehpunkt:

$$0 = V . \infty - R . \infty + (p + q) \infty + (p + q) \infty + \left(\frac{p}{2} + \frac{q}{2}\right) \infty \quad . \quad . \quad (150)$$

Diese Gleichung unterscheidet sich von (146) nur durch das erste Glied $+ V$ und $- Y . \sin w$, welche beiden Werthe **gleich gross**, jedoch mit **entgegengesetzten Vorzeichen** behaftet sind. Man kann daher erst die Verticalkräfte V berechnen, diese durch $\sin w$ dividiren und die erhaltenen Werthe mit dem **umgekehrten** Vorzeichen von V versehen, so hat man für jeden einzelnen Fall die an dem **unbelasteten Knotenpunkte** anstossende Diagonalkraft Y.

Fig. 197.



Aus (150) wird nach Weglassung des gemeinschaftlichen: Factors ∞ und nach Einsetzung des Werthes von R aus (140)

$$0 = V - p\,[0{,}1 + \ldots 0{,}7 - (1 - 0{,}8) - (1 - 0{,}9)]$$
$$- q\,(0{,}1 + \ldots 0{,}7) + q\,[(1 - 0{,}8) + (1 - 0{,}9)] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (151)$$

und hieraus:

$$V = + p\,[0{,}1 + \ldots 0{,}7 - (1 - 0{,}8) - (1 - 0{,}9)] + q\,(0{,}1 + \ldots 0{,}7) - q\,[(1 - 0{,}8) + (1 - 0{,}9)] \quad (152)$$

Man findet hieraus wieder V (max) resp. V (min) durch Weglassung, ein Mal der positiven, das andere Mal der negativen Gruppe von der veränderlichen Belastung q.

In dem Folgenden sind die Momentengleichungen und Formeln zur Berechnung der Kräfte X, Z, V und Y, welche in den Feldern (1) bis (10) des in Fig. 195 dargestellten Trägers vorkommen, zusammengestellt.

Am linken Auflager hat die Verticale (1) nur die ihr zufallende directe Belastung $\left(\frac{p}{2} + \frac{q}{2}\right)$ aufzunehmen, daher ist:

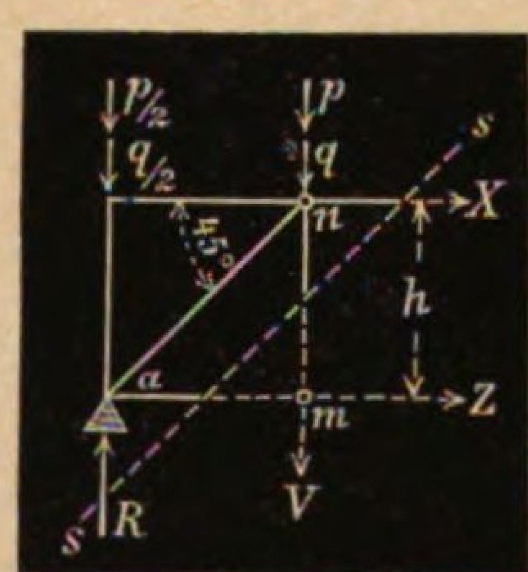
$$V\,(\text{min}) = - \frac{p + q}{2} .$$

Die Spannung in dem Felde (1) der oberen Gurtung kann nur in allen Fällen sein:

$$X = 0 .$$

Führt man den Schnitt ss, Fig. 198, so ist die Momentengleichung für den Drehpunkt m:

Fig. 198.



$$0 = X . h + R . l - \left(\frac{p}{2} + \frac{q}{2}\right) l ,$$

oder wenn man den Werth von R aus (140) einsetzt und die Gleichung entsprechend umformt:

$$0 = X . h + (p + q)\,(0{,}1 + 0{,}2 + \ldots 0{,}9)\,l$$

oder:

$$X = - \frac{(p + q)\,(0{,}1 + 0{,}2 + \ldots 0{,}9)\,l}{h} .$$

Der Punkt n als Drehpunkt ergiebt die Momentengleichung:

$$0 = - Z . h + R . l - \left(\frac{p}{2} + \frac{q}{2}\right) l$$

und hierin aus (140) den Werth von R eingesetzt:

$$0 = - Z . h + (p + q)\,(0{,}1 + 0{,}2 + \ldots 0{,}9)\,l ,$$

woraus sich ergiebt:

$$Z = + \frac{(p + q)\,(0{,}1 + 0{,}2 + \ldots 0{,}9)\,l}{h} .$$

Für die Verticalkraft V, Fig. 198, findet man nach (150) und (151) die Gleichung der statischen Momente:

$$0 = V - p\,[0{,}1 + \ldots 0{,}8 - (1 - 0{,}9)] - q\,(0{,}1 + \ldots 0{,}8) + q\,(1 - 0{,}9) ,$$

und aus dieser:

$$V = + p\,(0{,}1 + \ldots 0{,}8) - (1 - 0{,}9) + q\,(0{,}1 + \ldots 0{,}8) - q\,(1 - 0{,}9)\,.$$

Im Punkte a des linken Trägerauflagers wirkt ausser der Auflager-Reaction R und der Spannung der letzten Verticalen noch die verticale Seitenkraft von der Diagonalen angreifend. Diese ist $= Y \,.\, \sin w$ und man hat daher für die Kraft Y im Trägerfelde (1) bei vollständiger Trägerbelastung die Momentengleichung:

$$0 = Y \,.\, \sin w + R - \left(\frac{p+q}{2}\right)$$

Da aber nach (140) $R = 5\,(p + q)$ ist, so hat man:

$$0 = Y \,.\, \sin w + 5\,(p + q) - \left(\frac{p+q}{2}\right)$$

und da die Neigung der Gitterstäbe bei diesem Träger 45^0 beträgt, so ist $\sin w = \sin 45^0 = 0{,}70711$ und dann wird:

$$0 = Y \,.\, 0{,}70711 + 4{,}5\,(p + q);\ \text{oder}\ Y = -\frac{4{,}5\,(p+q)}{0{,}70711} = 6{,}364\,(p + q) \quad . \quad (153)$$

Für die übrigen Diagonalen findet man die Kraft Y, wenn man die rechts anstossende Verticalkraft V durch $\sin w$ dividirt und das von V **entgegengesetzte** Vorzeichen setzt. Es ist also:

$$- Y = \frac{V}{\sin w} = V \,.\, \frac{1}{\sin w} = V \,.\, \frac{1}{0{,}70711} = 1{,}4142 \,.\, V.$$

Es sind hiernach die Gleichungen für die statischen Momente und die Formeln der Kräfte für die Trägerfelder (1) und (2):

$$\left.\begin{aligned}
0 &= X \,.\, h + (p + q)\,(0{,}1 + 0{,}2 + \ldots 0{,}9)\,l \\
X &= -\frac{(p+q)\,(0{,}1 + 0{,}2 + \ldots 0{,}9)\,l}{h} \\
0 &= - Z \,.\, h + (p + q)\,(0{,}1 + 0{,}2 + \ldots 0{,}9)\,l \\
Z &= + \frac{(p+q)\,(0{,}1 + 0{,}2 + \ldots 0{,}9)\,l}{h} \\
0 &= V - p\,[0{,}1 + \ldots 0{,}8 - (1 - 0{,}9)] - q\,(0{,}1 + \ldots 0{,}8) + q\,(1 - 0{,}9) \\
V &= + p\,[0{,}1 + \ldots 0{,}8 - (1 - 0{,}9)] + q\,(0{,}1 + \ldots 0{,}8) - q\,(1 - 0{,}9) \\
Y &= -\frac{4{,}5\,(p+q)}{0{,}70711} = -6{,}364\,(p + q) \ldots\ldots\ldots \text{im Felde (1)} \\
- Y &= 1{,}4142 \,.\, V \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots - - (2)
\end{aligned}\right\} \quad (154)$$

Für den schrägen Schnitt ss, Fig. 197, durch die Trägerfelder (2) und (3) ergiebt sich für die Kräfte X und Z, wenn m resp. n als Drehpunkt gewählt wird, die Momentengleichung:

$$\left.\begin{aligned}
0 &= X \,.\, h + (p + q)\,[(0{,}1 + 0{,}2 + \ldots 0{,}8)\,2\,l + (0{,}9 \,.\, 2\,l - l)] \\
X &= -\frac{(p+q)\,[(0{,}1 + 0{,}2 + \ldots 0{,}8)\,2\,l + (0{,}9 \,.\, 2\,l - l)]}{h} \\
0 &= - Z \,.\, h + (p + q)\,[(0{,}1 + 0{,}2 + \ldots 0{,}8)\,2\,l + (0{,}9 \,.\, 2\,l - l)] \\
Z &= + \frac{(p+q)\,[(0{,}1 + 0{,}2 + \ldots 0{,}8)\,2\,l + (0{,}9 \,.\, 2\,l - l)]}{h} \\
0 &= V - p\,[0{,}1 + \ldots 0{,}7 - (1 - 0{,}8) - (1 - 0{,}9)] - q\,(0{,}1 + \ldots 0{,}7) + q\,[(1 - 0{,}8) + (1 - 0{,}9)] \\
V &= + p\,[0{,}1 + \ldots 0{,}7 - (1 - 0{,}8) - (1 - 0{,}9)] + q\,(0{,}1 + \ldots 0{,}7) - q\,[(1 - 0{,}8) + (1 - 0{,}9)] \\
- Y &= 1{,}4142 \,.\, V
\end{aligned}\right\} \quad (155)$$

Der schräge Schnitt für das (3) und (4) Feld ergiebt:

$$\left.\begin{aligned}
0 &= X\,.\,h + (p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}7)\,3\,l + (0{,}8\,.\,3\,l - l) + (0{,}9\,.\,3\,l - 2\,l)]\\
X &= -\frac{(p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}7)\,3\,l + (0{,}8\,.\,3\,l - l) + (0{,}9\,.\,3\,l - 2\,l)]}{h}\\
0 &= -Z\,.\,h + (p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}7)\,3\,l + (0{,}8\,.\,3\,l - l) + (0{,}9\,.\,3\,l - 2\,l)]\\
Z &= +\frac{(p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}7)\,3\,l + (0{,}8\,.\,3\,l - l) + (0{,}9\,.\,3\,l - 2\,l)]}{h}\\
0 &= V - p\,[0{,}1 + \ldots 0{,}6 - (1 - 0{,}7) - (1 - 0{,}8) - (1 - 0{,}9)] - q\,(1 + \ldots 0{,}6)\\
&\quad + q\,[(1 - 0{,}7) + (1 - 0{,}8) + (1 - 0{,}9)]\\
V &= + p\,[0{,}1 + \ldots 0{,}6 - (1 - 0{,}7) - (1 - 0{,}8) - (1 - 0{,}9)] + q\,(0{,}1 + \ldots 0{,}6)\\
&\quad - q\,[(1 - 0{,}7) + (1 - 0{,}8) + (1 - 0{,}9)]\\
-\,Y &= 1{,}4142\,.\,V
\end{aligned}\right\}\quad(156)$$

Für das (4) und (5) Feld hat man:

$$\left.\begin{aligned}
0 &= X\,.\,h + (p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}6)\,4\,l + (0{,}7\,.\,4\,l - l) + (0{,}8\,.\,4\,l - 2\,l) + (0{,}9\,.\,4\,l - 3\,l)]\\
X &= -\frac{(p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}6)\,4\,l + (0{,}7\,.\,4\,l - l) + (0{,}8\,.\,4\,l - 2\,l) + (0{,}9\,.\,4\,l - 3\,l)]}{h}\\
0 &= -Z\,.\,h + (p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}6)\,4\,l + (0{,}7\,.\,4\,l - l) + (0{,}8\,.\,4\,l - 2\,l) + (0{,}9\,.\,4\,l - 3\,l)]\\
Z &= +\frac{(p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}6)\,4\,l + (0{,}7\,.\,4\,l - l) + (0{,}8\,.\,4\,l - 2\,l) + (0{,}9\,.\,4\,l - 3\,l)]}{h}\\
0 &= V - p\,[0{,}1 + \ldots 0{,}5 - (1 - 0{,}6) - (1 - 0{,}7) - (1 - 0{,}8) - (1 - 0{,}9)]\\
&\quad - q\,(0{,}1 + \ldots 0{,}5) + q\,[(1 - 0{,}6) + (1 - 0{,}7) + (1 - 0{,}8) + (1 - 0{,}9)]\\
V &= + p\,[0{,}1 + \ldots 0{,}5 - (1 - 0{,}6) - (1 - 0{,}7) - (1 - 0{,}8) - (1 - 0{,}9)]\\
&\quad + q\,(0{,}1 + \ldots 0{,}5) - q\,[(1 - 0{,}6) + (1 - 0{,}7) + (1 - 0{,}8) + (1 - 0{,}9)]\\
-\,Y &= 1{,}4142\,.\,V
\end{aligned}\right\}\quad(157)$$

Im (5) und (6) Trägerfelde ist, wenn die Momentengleichungen, vom Felde (6) an, sich auf das **rechts** von der jedesmaligen Schnittlinie liegende Trägerstück beziehen:

$$\left.\begin{aligned}
0 &= X\,.\,h + (p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}5)\,5\,l + (0{,}6\,.\,5\,l - l) + (0{,}7\,.\,5\,l - 2\,l)\\
&\quad + (0{,}8\,.\,5\,l - 3\,l) + (0{,}9\,.\,5\,l - 4\,l)]\\
X &= -\frac{(p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}5)\,5\,l + (0{,}6\,.\,5\,l - l) + (0{,}7\,.\,5\,l - 2\,l) + (0{,}8\,.\,5\,l - 3\,l) + (0{,}9\,.\,5\,l - 4\,l)]}{h}\\
0 &= -Z\,.\,h + (p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}5)\,5\,l + (0{,}6\,.\,5\,l - l) + (0{,}7\,.\,5\,l - 2\,l)\\
&\quad + (0{,}8\,.\,5\,l - 3\,l) + (0{,}9\,.\,5\,l - 4\,l)]\\
Z &= +\frac{(p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}5)\,5\,l + (0{,}6\,.\,5\,l - l) + (0{,}7\,.\,5\,l - 2\,l) + (0{,}8\,.\,5\,l - 3\,l) + (0{,}9\,.\,5\,l - 4\,l)]}{h}\\
0 &= -V - p\,[0{,}1 + \ldots 0{,}5 - (1 - 0{,}6) - (1 - 0{,}7) - (1 - 0{,}8) - (1 - 0{,}9)]\\
&\quad - q\,(0{,}1 + \ldots 0{,}5) + q\,[(1 - 0{,}6) + (1 - 0{,}7) + (1 - 0{,}8) + (1 - 0{,}9)]\\
V &= - p\,[0{,}1 + \ldots 0{,}5 - (1 - 0{,}6) - (1 - 0{,}7) - (1 - 0{,}8) - (1 - 0{,}9)]\\
&\quad - q\,(0{,}1 + \ldots 0{,}5) + q\,[(1 - 0{,}6) + (1 - 0{,}7) + (1 - 0{,}8) + (1 - 0{,}9)]\\
-\,Y &= 1{,}4142\,.\,V
\end{aligned}\right\}\quad(158)$$

Ferner ist im (6) und (7) Trägerfelde:

$$\left.\begin{aligned}
0 &= -X\,.\,h - (p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}6)\,4\,l + (0{,}7\,.\,4\,l - l) + (0{,}8\,.\,4\,l - 2\,l) + (0{,}9\,.\,4\,l - 3\,l)]\\
X &= -\frac{(p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}6)\,4\,l + (0{,}7\,.\,4\,l - l) + (0{,}8\,.\,4\,l - 2\,l) + (0{,}9\,.\,4\,l - 3\,l)]}{h}\\
0 &= Z\,.\,h - (p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}6)\,4\,l + (0{,}7\,.\,4\,l - l) + (0{,}8\,.\,4\,l - 2\,l) + (0{,}9\,.\,4\,l - 3\,l)]\\
Z &= +\frac{(p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}6)\,4\,l + (0{,}7\,.\,4\,l - l) + (0{,}8\,.\,4\,l - 2\,l) + (0{,}9\,.\,4\,l - 3\,l)]}{h}\\
0 &= -V - p\,[0{,}1 + \ldots 0{,}6 - (1 - 0{,}7) - (1 - 0{,}8) - (1 - 0{,}9) - q\,(0{,}1 + \ldots 0{,}6)\\
&\quad + q\,[(1 - 0{,}7) + (1 - 0{,}8) + (1 - 0{,}9)]\\
V &= - p\,[0{,}1 + \ldots 0{,}6 - (1 - 0{,}7) - (1 - 0{,}8) - (1 - 0{,}9)] - q\,(0{,}1 + \ldots 0{,}6)\\
&\quad + q\,[(1 - 0{,}7) + (1 - 0{,}8) + (1 - 0{,}9)]\\
-\,Y &= 1{,}4142\,.\,V
\end{aligned}\right\}\quad(159)$$

Im (7) und (8) Trägerfelde ergiebt sich:

$$\left.\begin{aligned}
0 &= -X \cdot h - (p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}7)\,3\,l + (0{,}8 \cdot 3\,l - l) + (0{,}9 \cdot 3\,l - 2\,l)] \\
X &= -\frac{(p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}7)\,3\,l + (0{,}8 \cdot 3\,l - l) + (0{,}9 \cdot 3\,l - 2\,l)]}{h} \\
0 &= Z \cdot h - (p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}7)\,3\,l + (0{,}8 \cdot 3\,l - l) + (0{,}9 \cdot 3\,l - 2\,l)] \\
Z &= +\frac{(p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}7)\,3\,l + (0{,}8 \cdot 3\,l - l) + (0{,}9 \cdot 3\,l - 2\,l)]}{h} \\
0 &= -V - p[0{,}1 + \ldots 0{,}7 - (1-0{,}8) - (1-0{,}9)] - q(0{,}1 + \ldots 0{,}7) + q[(1-0{,}8) + (1-0{,}9)] \\
V &= -p[0{,}1 + \ldots 0{,}7 - (1-0{,}8) - (1-0{,}9)] - q\,(1 + \ldots 0{,}7) + q[(1-0{,}8) + (1-0{,}9)] \\
-Y &= 1{,}4142 \cdot V
\end{aligned}\right\} \quad (160)$$

Der Schnitt durch die Felder (8) und (9) ergiebt:

$$\left.\begin{aligned}
0 &= -X \cdot h - (p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}8)\,2\,l + (0{,}9 \cdot 2\,l - l)] \\
X &= -\frac{(p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}8)\,2\,l + (0{,}9 \cdot 2\,l - l)]}{h} \\
0 &= Z \cdot h - (p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}8)\,2\,l + (0{,}9 \cdot 2\,l - l)] \\
Z &= +\frac{(p+q)\,[(0{,}1 + \ldots 0{,}8)\,2\,l + (0{,}9 \cdot 2\,l - l)]}{h} \\
0 &= -V - p\,[0{,}1 + \ldots 0{,}8 - (1-0{,}9)] - q\,(1 + \ldots 0{,}8) + q\,(1-0{,}9) \\
V &= -p\,[0{,}1 + \ldots 0{,}8 - (1-0{,}9)] - q\,(0{,}1 + \ldots 0{,}8) + q\,(1+0{,}9) \\
-Y &= 1{,}4142 \cdot V
\end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (161)$$

Endlich ist im (9) und (10) Felde:

$$\left.\begin{aligned}
0 &= -X \cdot h - (p+q)\,(0{,}1 + \ldots 0{,}9)\,l \\
X &= -\frac{(p+q)\,(0{,}1 + \ldots 0{,}9)\,l}{h} \\
0 &= Z \cdot h - (p+q)\,(0{,}1 + \ldots 0{,}9)\,l \\
Z &= +\frac{(p+q)\,(0{,}1 + \ldots 0{,}9)\,l}{h} \\
0 &= -V - p\,(0{,}1 + \ldots 0{,}9) - q\,(0{,}1 + \ldots 0{,}9) \\
V &= -p\,(0{,}1 + \ldots 0{,}9) - q\,(0{,}1 + \ldots 0{,}9) \\
-Y &= 1{,}4142 \cdot V
\end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (162)$$

In der untern Gurtung im Felde (10) ist Z die einzige Horizontalkraft, welche am Auflager angreift und es ist für jede Trägerbelastung in diesem Felde:

$$Z = 0$$

Die Verticale (11) am rechten Auflager wird bei vollständiger Belastung des Trägers am stärksten angestrengt; die hier angreifenden Kräfte sind V und R, daher ist die Momentengleichung:

$$0 = -V - R, \text{ oder } V = -R \quad \ldots\ldots\ldots \quad (163)$$

Die Auflager-Reaction erreicht bei vollständiger Belastung des Trägers den Werth $5\,(p+q)$ und somit wird:

$$(11) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad V\,(\text{min}) = -5\,(p+q) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (164)$$

1. Beispiel. *Auf jeden Knotenpunkt des Fachwerkträgers mit* 10 *Feldern, Fig.* 195, *mag eine mobile Belastung* $q = 800$ *Kilogr. kommen und das Eigengewicht betrage für jeden Knotenpunkt* $p = 200$ *Kilogr.; die Trägerhöhe* h, *sowie die Entfernung* l *sei gleich* 1 *Meter.*

Substituirt man diese Zahlenwerthe in die Formeln (154), *so erhält man die Spannungen für das* (1) *und* (2) *Trägerfeld; es ist für das Feld* (2):

$$X\,(min) = -\frac{(p+q)\,(0{,}1 + \ldots 0{,}9)\,l}{h} = \frac{1000\,(0{,}1 + \ldots 0{,}9)\,1}{1} = -4500 \text{ Kilogr.}$$

und für das Feld (1) *ist:*

$$Z\,(max) = + \frac{(p+q)\,(0{,}1 + \ldots 0{,}9)\,l}{h} = \frac{1000\,(0{,}1 + \ldots 0{,}9)\,1}{1} = + 4500 \textit{ Kilogr.}$$

Lässt man in der Formel für die Kraft V der Verticalen zwischen Feld (1) *und* (2) *einmal das negative und einmal das positive der beiden mit q zu multiplicirenden Glieder weg, so wird:*

$$V\,(max) = + p\,[0{,}1 + \ldots 0{,}8 - (1 - 0{,}9)] + q\,(0{,}1 + \ldots 0{,}8)$$
$$= + 200\,[0{,}1 + \ldots 0{,}8 - (1 - 0{,}9)] + 800\,(0{,}1 + \ldots 0{,}8) = + 3580 \textit{ Kilogr.}$$

$$V\,(min) = + p\,[0{,}1 + \ldots 0{,}8 - (1 - 0{,}9)] - q\,(1 - 0{,}9)$$
$$= + 200\,[0{,}1 + \ldots 0{,}8 - (1 - 0{,}9)] - 800\,(1 - 0{,}9) = + 620 \textit{ Kilogr.}$$

Die Spannung Y in der Diagonalen des Feldes (1) *beträgt:*

$$Y\,(min) = - 6{,}364\,(p + q) = - 6{,}364 \,.\, 1000 = - 6364 \textit{ Kilogr.}$$

In der Diagonalen des Feldes (2) *dagegen ist die Spannung:*

$$- Y = 1{,}4142 \,.\, V; \textit{ oder } Y\,(max) = - 1{,}4142 \,.\, + 620 = - 877 \textit{ Kilogr.}$$

und

$$Y\,(min) = - 1{,}4142 \,.\, + 3580 = - 5063 \text{ -}$$

In derselben Weise ergiebt sich für:

Feld (2) *und* (3):	*Feld* (3) *und* (4):	*Feld* (4) *und* (5):	*Feld* (5) *und* (6):
$X\,(min) = - 8000$ *Kilogr.*	$X\,(min) = - 10500$ *Kilogr.*	$X\,(min) = - 12000$ *Kilogr.*	$X\,(min) = - 12500$ *Kilogr.*
$Z\,(max) = + 8000$ -	$Z\,(max) = + 10500$ -	$Z\,(max) = + 12000$ -	$Z\,(max) = + 12500$ -
$V\,(max) = + 2740$ -	$V\,(max) = + 1980$ -	$V\,(max) = + 1300$ -	$V\,(max) = + 700$ -
$V\,(min) = + 260$ -	$V\,(min) = - 180$ -	$V\,(min) = - 700$ -	$V\,(min) = - 1300$ -
$Y\,(max) = - 368$ -	$Y\,(max) = + 254$ -	$Y\,(max) = + 990$ -	$Y\,(max) = + 1838$ -
$Y\,(min) = - 3873$ -	$Y\,(min) = - 2800$ -	$Y\,(min) = - 1838$ -	$Y\,(min) = - 990$ -

Feld (6) *und* (7):	*Feld* (7) *und* (8):	*Feld* (8) *und* (9):	*Feld* (9) *und* (10):
$X\,(min) = - 12000$ *Kilogr.*	$X\,(min) = - 10500$ *Kilogr.*	$X\,(min) = - 8000$ *Kilogr.*	$X\,(min) = - 4500$ *Kilogr.*
$Z\,(max) = + 12000$ -	$Z\,(max) = + 10500$ -	$Z\,(max) = + 8000$ -	$Z\,(max) = + 4500$ -
$V\,(max) = + 180$ -	$V\,(max) = - 260$ -	$V\,(max) = - 620$ -	$V\,(max) = - \;-$ -
$V\,(min) = - 1980$ -	$V\,(min) = - 2740$ -	$V\,(min) = - 3580$ -	$V\,(min) = - 4500$ -
$Y\,(max) = + 2800$ -	$Y\,(max) = + 3873$ -	$Y\,(max) = + 5063$ -	$Y\,(max) = + 6364$ -
$Y\,(min) = - 254$ -	$Y\,(min) = + 368$ -	$Y\,(min) = + 877$ -	$Y\,(min) = - \;-$ -

Die Belastung der Verticalen (1) *am linken Auflager ist:*

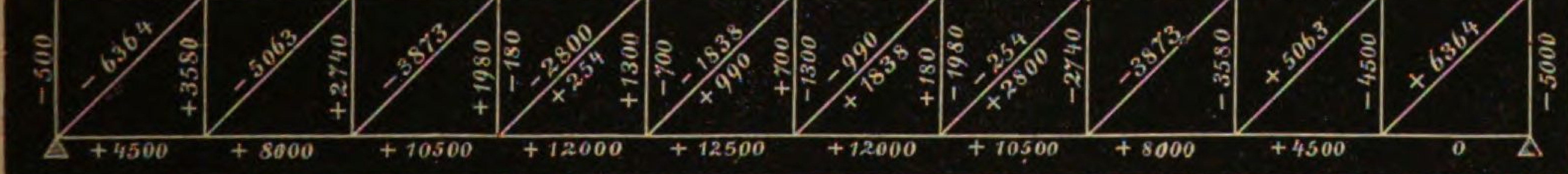
$$= - \left(\frac{p}{2} + \frac{q}{2}\right) = - \frac{200 + 800}{2} = - 500 \textit{ Kilogr.}$$

Dagegen erhält die Verticale (11) *bei vollständiger Belastung des Trägers einen Druck gleich der Auflager-Reaction, und es ist:*

$$V = - R = - 5\,(p + q) = - 5\,(200 + 800) = - 5000 \textit{ Kilogr.}$$

Die vorstehend ermittelten Spannungszahlen sind in Fig. 199 *eingeschrieben.*

Fig. 199.

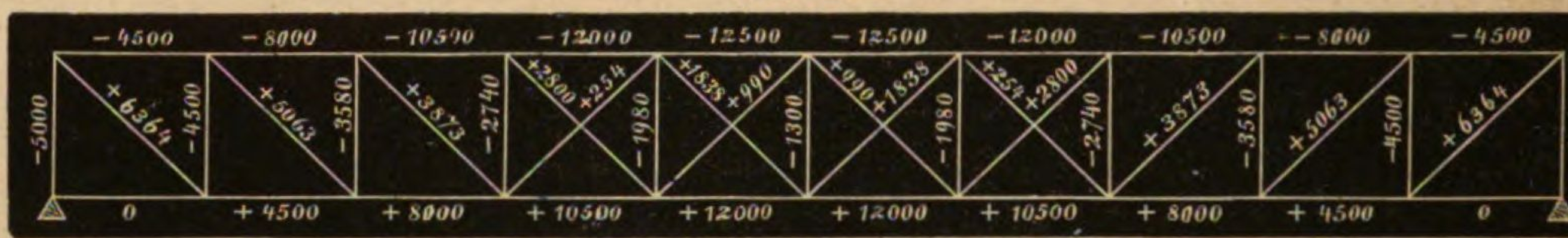


Aus Fig. 199 ersieht man, dass die Diagonalen der drei ersten Felder vom linken Auflager nur Druckspannung, diejenigen der drei ersten Felder vom rechten Auflager aber nur Zugspannung erleiden; in den vier mittleren Trägerfeldern werden die Diagonalen sowohl auf Druck wie auf Zug in Anspruch genommen und wird die Diagonale in irgend einem Felde des Trägers dann am meisten angestrengt, wenn die eine Trägerseite von diesem Felde an belastet ist.

Sollen, wie bei Holzconstructionen, die sämmtlichen Diagonalen eines Trägers **Streben** sein, also auf **Druck** beansprucht werden, so müssen sie eine Lage gegen die Trägermitte haben, wie auf der linken Seite des Trägers in Fig. 199, und dabei für jede Trägerhälfte **entgegengesetzt** geneigt sein. In den Feldern, wo die Diagonalen sowohl Druck- wie Zugspannung erleiden, sind dann gekreuzte Streben einzusetzen. Im anderen Falle, wenn sämmtliche Diagonalen **Anker** sein sollen, die nur auf **Zug** beansprucht werden dürfen, so müssen dieselben, ebenfalls für jede Trägerhälfte entgegengesetzt, diejenige Lage haben, wie in Fig. 199 auf der rechten Trägerseite, und in den Feldern, wo die einfache Diagonale einer Zug- und Druckspannung ausgesetzt ist, sind gekreuzte Anker anzuwenden. Die Verticalen erhalten im ersteren Falle nur **Zug-**, im letzteren Falle nur **Druck-**Spannung. Bei eisernen Fachwerkträgern werden die Diagonalen am zweckmässigsten als Anker construirt.

Hat man die Spannungszahlen für einen Träger, dessen Diagonalen alle nach einer Richtung geneigt sind, einmal ermittelt, so lassen sich diese Zahlen auch für jede andere Anordnung der Diagonalen verwerthen. In Fig. 200 sind die Spannungen aus Fig. 199 für einen Träger, dessen Diagonalen nur auf Zug beansprucht werden, eingeschrieben.

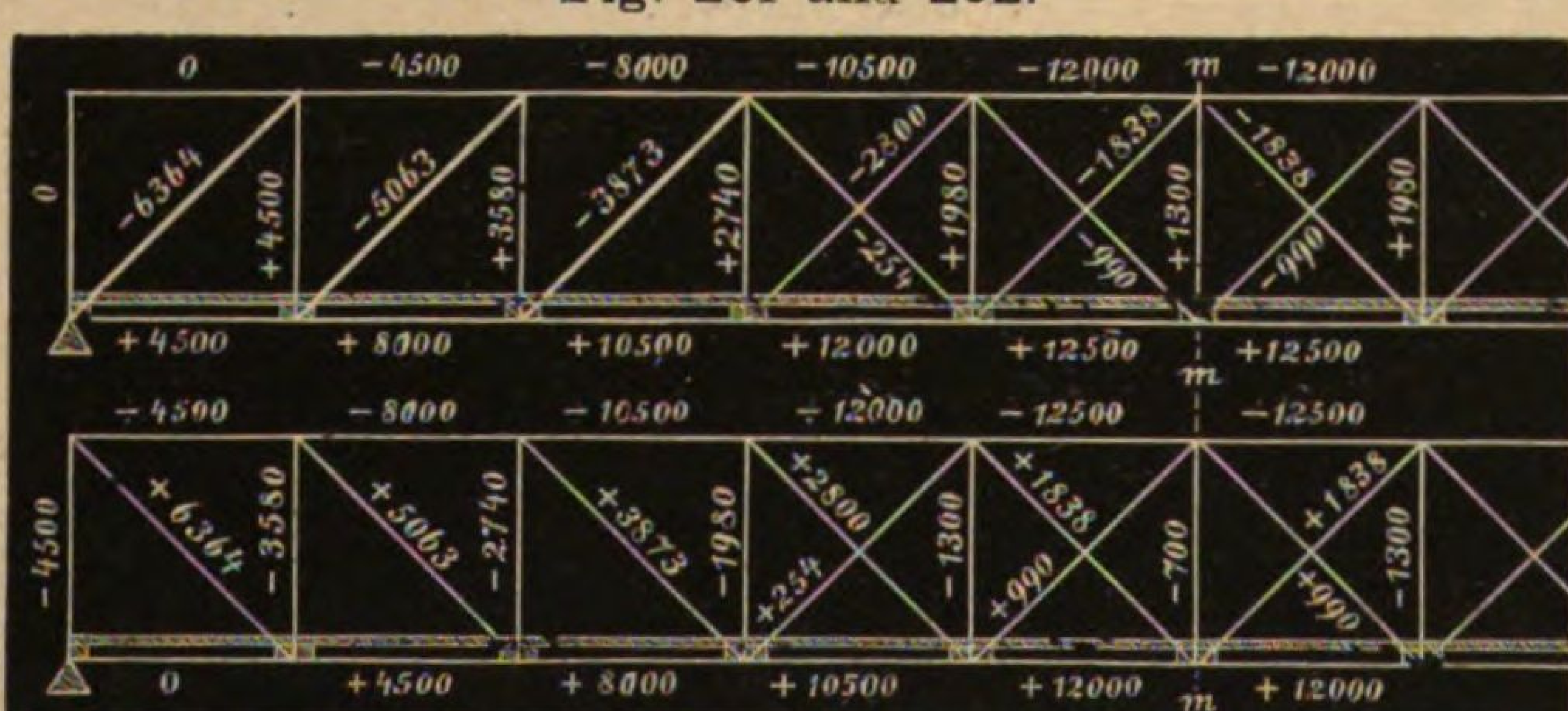
Fig. 200.



Die Verticalen können nur dann auf Zug in Anspruch genommen werden, wenn die Diagonalen auf ihre Fusspunkte in der unteren Gurtung Druck ausüben, da aber in Fig. 200 keine Diagonale Druckspannung erhält, so haben für die Verticalen nur die Werthe V (min) Gültigkeit und diese sind für beide Trägerhälften der Fig. 200 die Werthe der rechten Trägerhälfte der Fig. 199.

Die Belastung eines Fachwerkträgers wurde bisher in den oberen Knotenpunkten angreifend gedacht; sie kann aber, anstatt oben, auch in den Knotenpunkten der unteren Gurtung oder in irgend einem Punkte der Verticalen zum Angriff kommen, wie z. B. bei Brücken, wo die Fahrbahn zwischen den Trägern liegt, oder im Hochbau, wenn die untere Trägergurtung als Widerlager für Gewölbe dient etc. Sind also nach Fig. 201 und 202 die unteren Knotenpunkte belastet, so wird dadurch die Spannung in den Gurtungen und in den Diagonalen nicht geändert, aber für die Verticalen ergeben sich andere Werthe. Nach Formel (146) und (150) sind V und $-Y \sin w$ für die Verticale und Diagonale, welche in einem **unbelasteten** Knotenpunkte zusammen stossen, **gleich gross**, nur haben sie entgegengesetzte Vorzeichen.

Fig. 201 und 202.



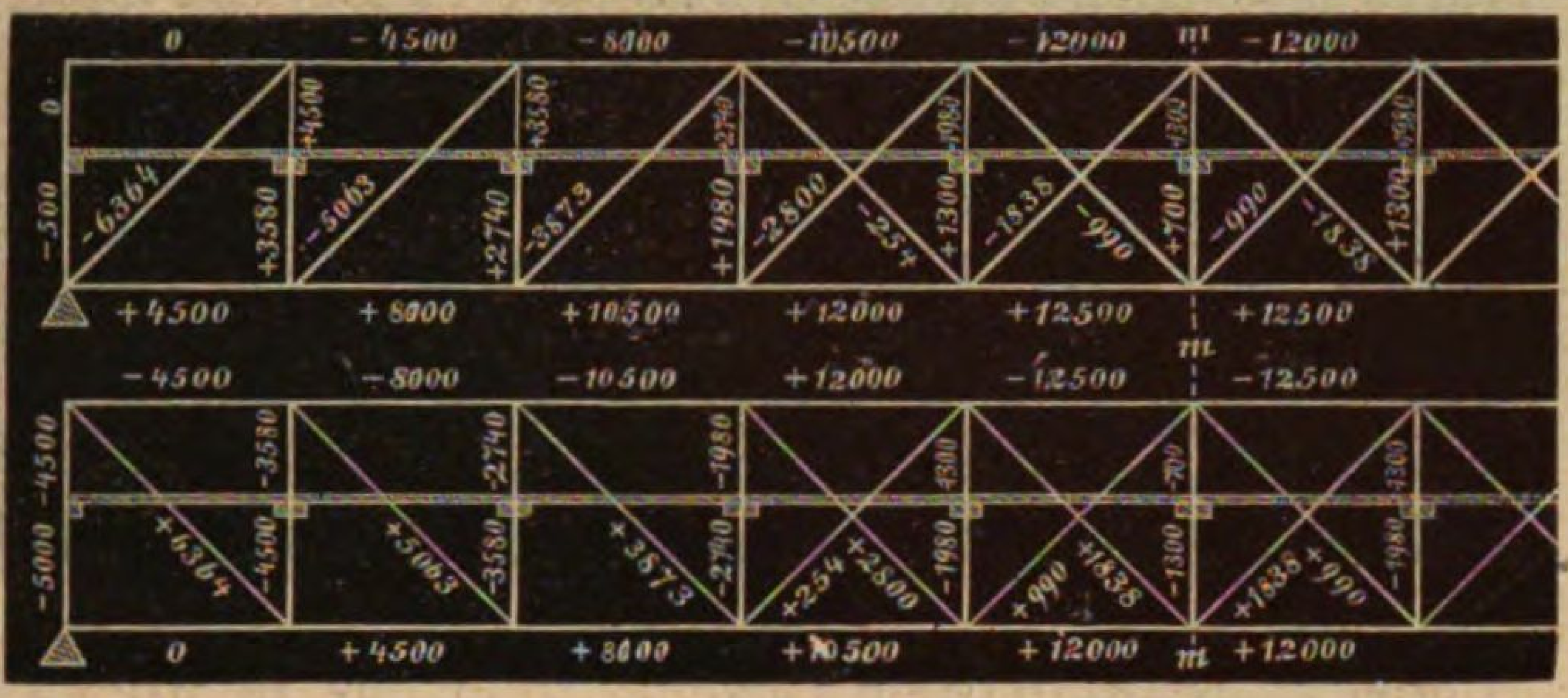
Die Spannung V in irgend einer Verticalen findet man demnach, wenn man die Spannung Y der an dem unbelasteten Knotenpunkte anstossenden Diagonalen mit $\sin w$ multiplicirt und diesem Werthe V das entgegengesetzte Vorzeichen von Y giebt. Sind die Diagonalen unter 45^0 geneigt, für welchen Fall $\sin w = \sin 45^0 = 0{,}70711$ ist, so hat man $V = -(Y . 0{,}70711)$. Hiernach sind die in Fig. 201 und 202 eingeschriebenen Spannungszahlen der Verticalen ermittelt.

In Fig. 201 erhalten sämmtliche Diagonalen Druckspannung, sämmtliche Verticalen dagegen Zugspannung. Diese Anordnung der Diagonalen würde also für Fachwerkträger

aus Holz und Eisen zu wählen sein. Umgekehrt werden in Fig. 202 alle Diagonalen gezogen, alle Verticalen aber auf Druck in Anspruch genommen, weshalb diese Construction sich für schmiedeeiserne Fachwerkträger eignet.

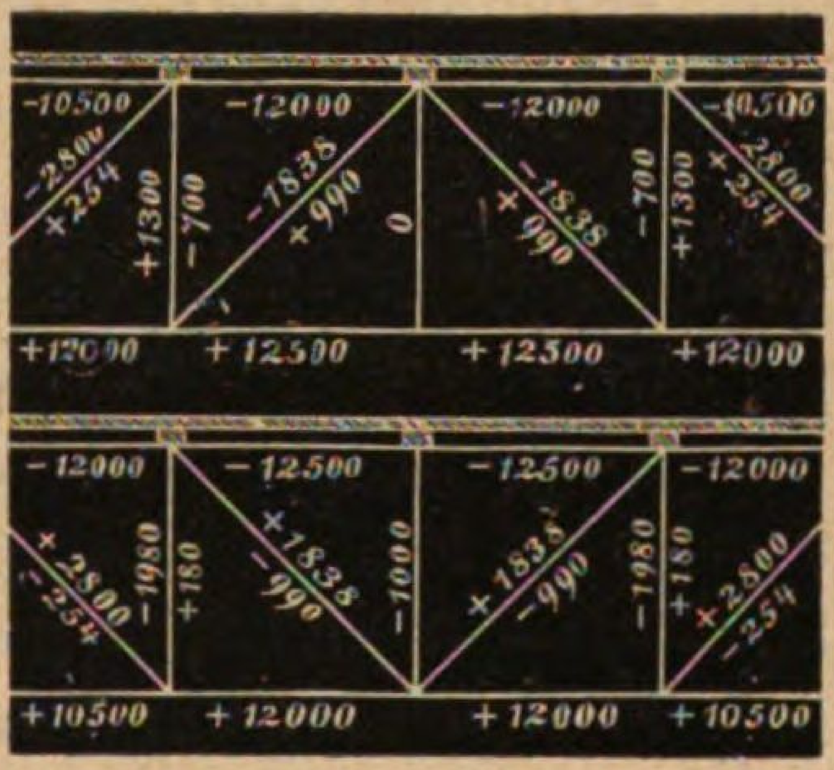
Wenn, wie in Fig. 203 und 204, die Belastung in der Mitte oder in einem anderen Punkte der Verticalen angreift, sind sowohl die oberen wie die unteren Knotenpunkte als unbelastet zu betrachten, daher ergiebt sich die Spannung in den Verticalen für deren oberen und unteren Theil, wenn man die Spannung der in jedem Knotenpunkt anstossenden Diagonale mit sin w multiplicirt; es ist also für den oberen sowohl wie für den unteren Theil der Verticalen $V = -(Y.\sin w)$, oder wenn die Neigung der Diagonalen $= 45^0$ ist, so wird $V = -(Y.0{,}70711)$. Die für das Zahlenbeispiel sich ergebenden Spannungen sind in Fig. 203 und 204 eingeschrieben.

Fig. 203 und 204.



Bei Fachwerkträgern mit einfachen Diagonalen, die für jede Trägerhälfte entgegengesetzt ansteigen, erhält die Verticale in der Trägermitte entweder gar keine Spannung, oder dieselbe ist gleich der directen Belastung des Knotenpunktes. Wirkt die Last auf die Knotenpunkte der oberen Gurtung und sind die Diagonalen als Streben construirt, wie in Fig. 205, so ist die Spannung in der mittleren Verticalen $= 0$. Sie wird aber für das gewählte Beispiel $= -1000$ Kilogr., wenn die Diagonalen nach Fig. 206 als Anker wirken, weil sie dann als Stütze den Druck von dem oberen Knotenpunkte aufzunehmen hat. Gerade umgekehrt verhält es sich mit dieser Verticalen, wenn die Knotenpunkte der unteren Gurtung belastet sind, wie in Fig. 207 und 208 angedeutet ist. Hier wirkt die Verticale als Hängestange, wenn, wie in Fig. 207, die Diagonalen gedrückt werden, und sie erhält eine Spannung von $+ 1000$ Kilogr.; dagegen wird ihre Spannung $= 0$, wenn die Diagonalen auf Zug in Anspruch genommen sind. Greift die Last in der Mitte der Verticalen an, so wird die mittlere Verticale entweder in ihrem unteren Theile mit 1000 Kilogr. auf Druck beansprucht, während in ihrem oberen Theile die Spannung $= 0$ ist, oder die Spannung ist in dem unteren Theile $= 0$ und in dem oberen Theile $= + 1000$ Kilogr., je nachdem die Diagonalen Anker oder Streben sind.

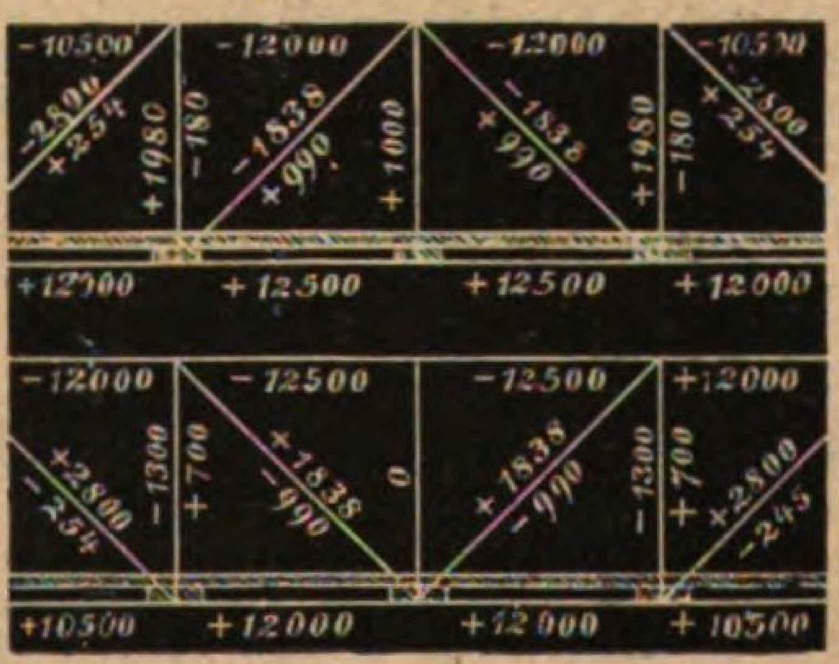
Fig. 205 und 206.



Einfache Diagonalen genügen bei Fachwerkträgern in allen den Fällen, wo keine veränderliche Last vorkommt, wo also die Last auf dem Träger gleichmässig vertheilt ruht.

Denkt man zwei Träger, einen nach dem Schema A, den anderen nach dem Schema B, Fig. 165, so auf einander gelegt, dass ausser den Diagonalen sich alle Stücke decken, so hat man einen Träger, dessen sämmtliche Diagonalen sich kreuzen. Man kann hierbei annehmen, dass die Knotenpunkte jedes einzelnen der beiden Träger auch nur die halbe Belastung des einfachen Trägers erhalten, wonach auch sämmtliche Spannungszahlen zu halbiren sind.

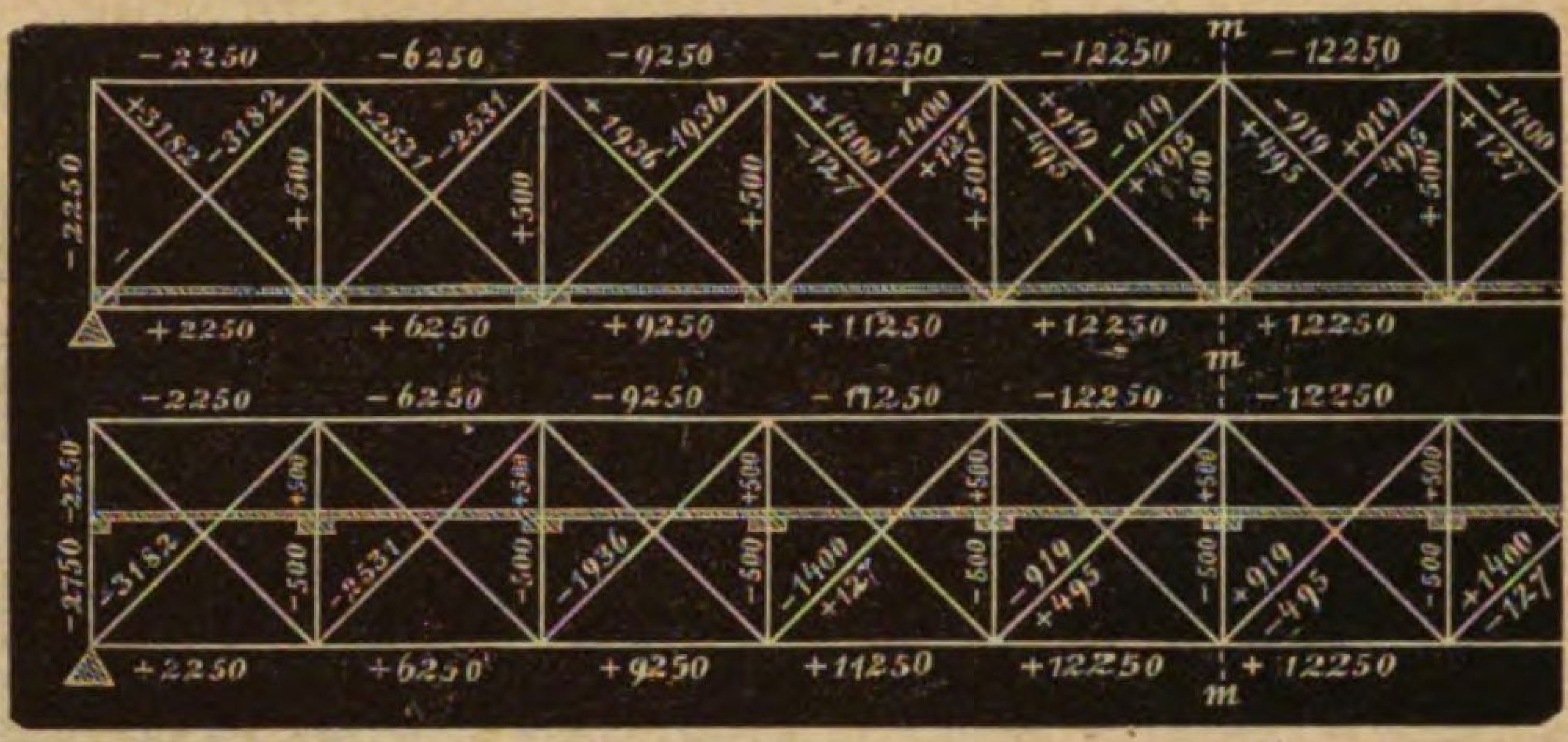
Fig. 207 und 208.



Ein solcher Träger mit **einfach gekreuzten** Diagonalen ist in Fig. 209 und 210 angedeutet, bei dem einmal die Last in den Knotenpunkten der unteren Gurtung, das andere Mal aber an den Verticalen angreifend gedacht ist. Die Spannungszahlen, welche sich für die Gurtungen und für die Diagonalen ergeben, sind in allen Fällen gleich, ob die

Last in den Knotenpunkten der oberen oder unteren Gurtung, oder an den Verticalen angreift; dieselben sind durch Halbirung der Zahlen in Fig. 199 entstanden. Für die Gurtungen ergeben sich die Spannungszahlen des neuen Trägers, wenn man die Spannungen je zwei über einander liegender Felder der Systeme A und B, Fig. 165, addirt und dann halbirt.

Fig. 209 und 210.



In den mittleren Feldern erhalten die gekreuzten Diagonalen des Trägers, Fig. 209 und 210, sowohl Zug- wie Druckspannung, in den drei Endfeldern aber werden die nach der Trägermitte zu aufsteigenden Diagonalen gedrückt, die entgegengesetzt geneigten aber gezogen. (Nach diesem Schema sind die in Fig. 178 dargestellten Träger der **Flackensee-brücke** construirt.) Die Verticalen dienen hier nur zur gleichmässigen Vertheilung der Last auf die oberen und unteren Knotenpunkte; greift nämlich die ganze Last in den oberen Knotenpunkten an, so übertragen die Verticalen die eine Hälfte nach unten, sie wirken also in diesem Falle als Stützen und werden auf **Druck** beansprucht; im anderen Falle, wenn die ganze Last auf die unteren Knotenpunkte wirkt, übertragen die Verticalen eine Hälfte nach oben, sie sind also Hängestangen und werden **gezogen.** Kommt aber die Last in irgend einem Punkte der Verticalen zum Angriff, so dient dieselbe mit ihrem oberen Theil für die halbe Last als Hängestange, während die andere Hälfte der Last von dem unteren Theil der Verticalen auf die unteren Knotenpunkte übertragen wird. Dieser Theil der Verticalen erhält also eine Druckspannung gleich der halben Last. Die Verticalen am Auflager machen hiervon eine Ausnahme, denn ihre Pressung ist gleich der verticalen Seitenkraft, welche von der gezogenen Diagonalen des ersten Feldes herrührt. Die Zugspannung in dieser Diagonalen ist: $Y = + 3182$ Kilogr., daher ist die Pressung in der, Fig. 209, am Auflager vorhandenen Verticalen $V = -(Y . \sin 45^0) = -(Y . 0{,}70711) = -2250$ Kilogr.; läge die ganze Last auf den oberen Knotenpunkten, so würde hierzu noch eine Druckspannung gleich der halben Last zu addiren sein. In Fig. 210, wo die Last an den Verticalen angreift, erhält der obere Theil derselben die gleiche Pressung wie in Fig. 209, die Pressung in dem unteren Theil der Verticalen aber wird noch um die halbe directe Belastung derselben vergrössert.

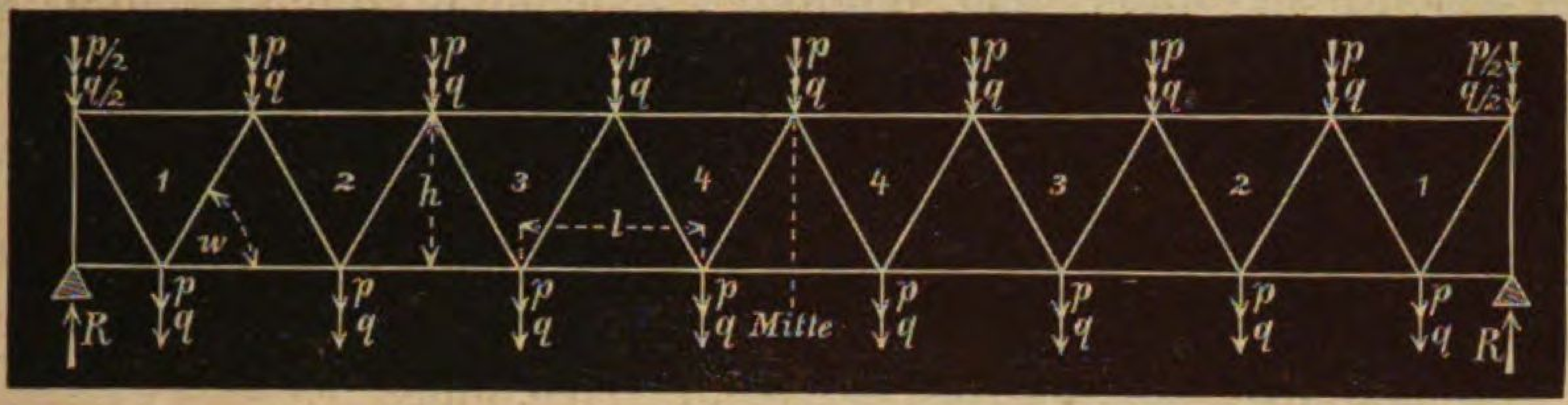
In den Fällen, wo die vorhandenen Knotenpunkte eines Fachwerkträgers als Lastpunkte nicht ausreichen, werden, nach Fig. 167 B, so viele **Zwischensysteme** eingeschaltet, wie Lastpunkte erforderlich sind. Das auf diese Weise entstehende zusammengesetzte Gitter-System n-ter Ordnung kann aus dem einfachen System abgeleitet werden, indem man erst dieses berechnet, und nach den Spannungen des Hauptsystems diejenigen in den Nebensystemen bestimmt. Soll in das Hauptsystem z. B. **ein** Nebensystem eingeschaltet werden, wodurch ein System 2-ter Ordnung entsteht, so erhalten jedesmal zwei Diagonalen und zwei Verticalen zusammen die Spannung einer Diagonalen oder Verticalen des einfachen Systems etc. Im Hochbau kommen die zusammengesetzten Gittersysteme nicht vor, weshalb hier nicht näher darauf einzugehen ist.

Bei den Fachwerkträgern nach dem System des **gleichseitigen** oder **gleichschenkligen** Dreiecks, Fig. 211, ist die Berechnung der Spannungen in derselben Weise durchzuführen. Bezeichnet l die Seitenlänge jedes Dreiecks und w den Neigungswinkel der Stäbe, so ist die Höhe des Trägers $h = \frac{l}{2} . \operatorname{tg} w$. Es wird aber $h = \operatorname{tg} w$, wenn man $\frac{l}{2} = 1$ setzt und dann ist die Seitenlänge der Dreiecke $l = 2$; die ganze Länge des Trägers, Fig. 211, wird demnach $= 2 . 8 = 16$.

Man denke sowohl die permanente wie die mobile Last über alle Knotenpunkte der oberen und unteren Gurtung gleichmässig vertheilt, und zwar sei die erstere für jeden

Knotenpunkt $= p$, die letztere $= q$, wie in Fig. 211 angedeutet ist. Die Zug- und Druckspannungen in der unteren und oberen Gurtung erreichen bei allen Fachwerkträgern ihren grössten Werth bei voller Belastung des Trägers. Führt man daher den Schnitt ss, Fig. 212, und wählt zur Berechnung von X_4 den Drehpunkt m, für Z_4 aber den Drehpunkt n, so ergiebt sich erstens die Momentengleichung:

Fig. 211.



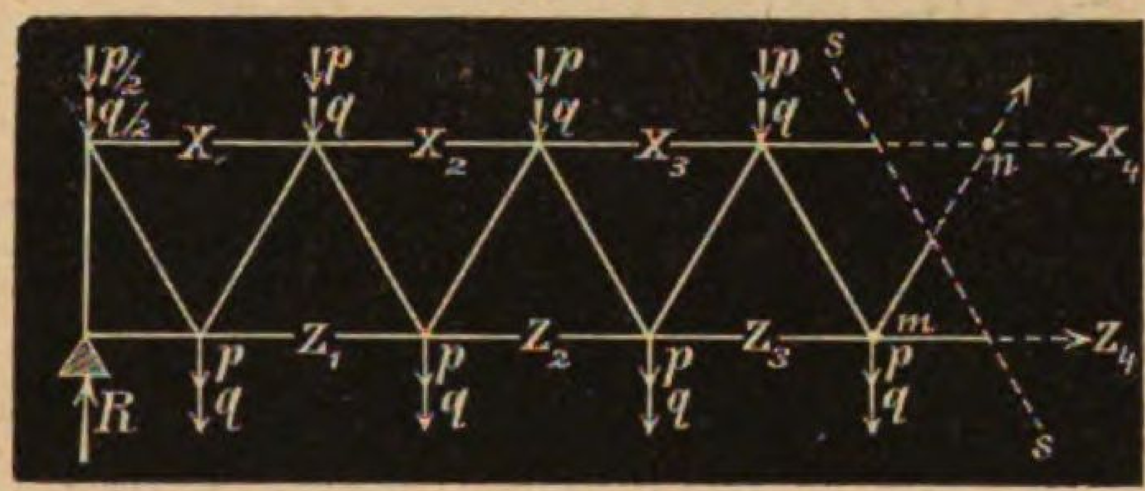
$$0 = X_4 \,.\, h + R \,.\, 7 - (p + q)\,(1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6) \quad . \;. \;. \quad (165)$$

Die Reaction des Auflagers ist:

$$R = (p + q)\,[^1/_{16} + {}^2/_{16} + \ldots\, {}^{15}/_{16} + {}^1/_2] = 8\,(p + q) \quad . \;. \;. \quad (166)$$

Da aber die Last $\left(\frac{p+q}{2}\right)$ direct von dem Auflager aufgenommen wird, so kann man R als Gegendruck gegen die Verbandstücke des Trägers ansehen und demnach wird:

Fig. 212.



$$R = 8\,(p + q) - {}^1/_2\,(p + q) = 7{,}5\,(p + q) \quad (167)$$

Diesen Werth von R in (165) substituirt ergiebt:

$$0 = X_4 \,.\, h + 7{,}5\,(p + q) \,.\, 7 - (p + q)\,(1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6) \quad . \quad (168)$$

und hieraus:

$$X_4 = -\frac{7{,}5\,(p + q) \,.\, 7 + (p + q)\,(1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)}{h} \quad . \;. \;. \;. \;. \;. \;. \;. \quad (169)$$

Ebenso ergiebt sich die Momentengleichung:

$$0 = -Z_4 \,.\, h + R \,.\, 8 - (p + q)\,(1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7) \quad . \;. \quad (170)$$

und wenn hierin wieder der Werth von R aus (167) substituirt wird:

$$0 = -Z_4 \,.\, h + 7{,}5\,(p + q) \,.\, 8 - (p + q)\,(1 + 2 + \ldots 7) \quad . \;. \;. \;. \quad (171)$$

oder:

$$Z_4 = +\frac{7{,}5\,(p + q) \,.\, 8 - (p + q)\,(1 + 2 + \ldots 7)}{h} \quad . \;. \;. \;. \;. \;. \;. \;. \;. \;. \;. \quad (172)$$

Für X und Z in den Feldern (1) bis (3) ergeben sich die Momentengleichungen in derselben Weise, man hat:

$$\left.\begin{array}{l} 0 = X_1 \,.\, h + 7{,}5\,(p + q) \,.\, 1 \\ X_1 = -\dfrac{7{,}5\,(p + q) \,.\, 1}{h} \end{array}\right\} \quad . \;. \;. \;. \;. \;. \;. \;. \;. \;. \;. \;. \;. \quad (173)$$

$$\left.\begin{array}{l} 0 = -Z_1 \,.\, h + 7{,}5\,(p + q) \,.\, 2 - (p + q) \,.\, 1 \\ Z_1 = +\dfrac{7{,}5\,(p + q) \,.\, 2 - (p + q) \,.\, 1}{h} \end{array}\right\} \quad . \;. \;. \;. \;. \;. \;. \;. \;. \quad (174)$$

$$\left.\begin{array}{l} 0 = X_2 \,.\, h + 7{,}5\,(p + q) \,.\, 3 - (p + q)\,(1 + 2) \\ X_2 = -\dfrac{7{,}5\,(p + q) \,.\, 3 + (p + q)\,(1 + 2)}{h} \end{array}\right\} \quad . \;. \;. \;. \;. \;. \;. \quad (175)$$

$$\left.\begin{array}{l} 0 = -Z_2 \,.\, h + 7{,}5\,(p + q) \,.\, 4 - (p + q)\,(1 + 2 + 3) \\ Z_2 = +\dfrac{7{,}5\,(p + q) \,.\, 4 - (p + q)\,(1 + 2 + 3)}{h} \end{array}\right\} \quad . \;. \;. \;. \;. \quad (176)$$

$$\left.\begin{array}{l} 0 = X_3 \,.\, h + 7{,}5\,(p + q) \,.\, 5 - (p + q)\,(1 + 2 + 3 + 4) \\ X_3 = -\dfrac{7{,}5\,(p + q) \,.\, 5 + (p + q)\,(1 + 2 + 3 + 4)}{h} \end{array}\right\} \quad . \;. \;. \;. \quad (177)$$

$$\left.\begin{array}{l} 0 = -Z_3 \,.\, h + 7{,}5\,(p + q) \,.\, 6 - (p + q)\,(1 + 2 + 3 + 4 + 5) \\ Z_3 = +\dfrac{7{,}5\,(p + q) \,.\, 6 - (p + q)\,(1 + 2 + 3 + 4 + 5)}{h} \end{array}\right\} \,. \quad (178)$$

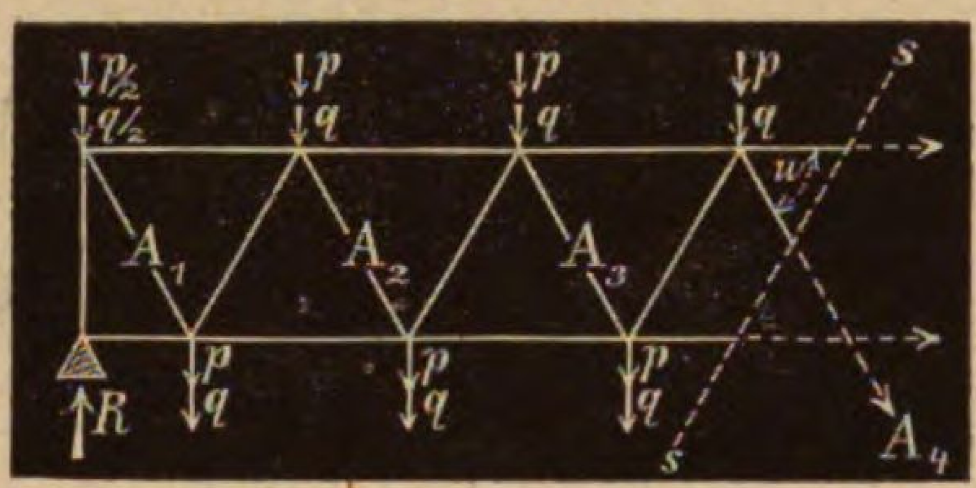
Der Fachwerkträger, Fig. 211, ist von der verticalen Mittellinie ab in seinen beiden Hälften symmetrisch geformt, daher braucht man auch nur die Spannungen für den halben Träger zu ermitteln, da diese für die andere Trägerhälfte auch Gültigkeit haben.

Für die unter dem Winkel w geneigten Anker A und Streben S sind die verticalen Seitenkräfte nach Fig. 213 und 214 beziehungsweise:

$$A \,.\, \sin w \text{ und } S \,.\, \sin w .$$

Wenn also, nach Fig. 213, der Schnitt ss geführt und die algebraische Summe der Verticalkräfte $= 0$ gesetzt wird, so ergiebt sich mit Berücksichtigung von (146) und (150) die Gleichung:

Fig. 213.



$$0 = A_4 \,.\, \sin w - R + p \,.\, 6 + q \,.\, 6 \quad . \quad (179)$$

Setzt man in diese Gleichung für R seinen Werth aus (167), für den man auch schreiben kann:

$$R = p\,(^1/_{16} + {}^2/_{16} + \dots {}^{15}/_{16}) + q\,(^1/_{16} + {}^2/_{16} + \dots {}^{15}/_{16}) \quad (180)$$

und stellt die von den einzelnen Belastungen herrührenden Beiträge zu R mit den von ihnen hervorgerufenen Verticalkräften zusammen, so wird:

$$\begin{aligned} 0 = A_4 \,.\, \sin w - p\,[^1/_{16} + {}^2/_{16} + \dots {}^9/_{16} - (1 - {}^{10}/_{16}) - (1 - {}^{11}/_{16}) - \dots (1 - {}^{15}/_{16})] \\ - q\,(^1/_{16} + \dots {}^9/_{16}) + q\,[(1 - {}^{10}/_{16}) + (1 - {}^{11}/_{16}) + \dots (1 - {}^{15}/_{16})] \quad (181) \end{aligned}$$

oder wenn man diese umschreibt:

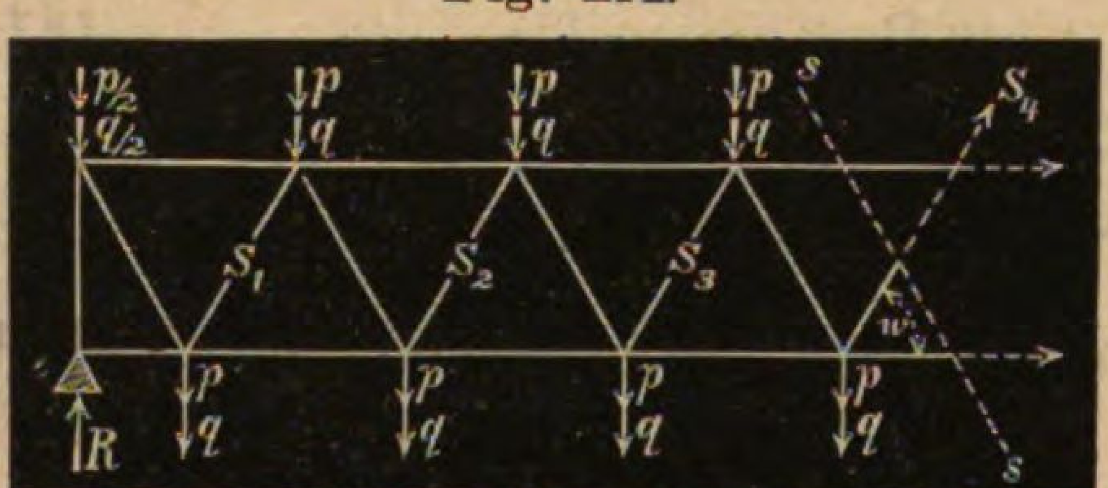
$$0 = A_4 \,.\, \sin w - p\,[^1/_{16} + \dots {}^9/_{16} - {}^6/_{16} - {}^5/_{16} - \dots {}^1/_{16}] - q\,(^1/_{16} + \dots {}^9/_{16}) + q\,(^6/_{16} + {}^5/_{16} + \dots {}^1/_{16}) \quad (182)$$

und hieraus wird:

$$A_4 = + \frac{p\,[^1/_{16} + \dots {}^9/_{16} - {}^6/_{16} - \dots {}^1/_{16}] + q\,(^1/_{16} + \dots {}^9/_{16}) - q\,(^6/_{16} + \dots {}^1/_{16})}{\sin w} \quad . \quad (183)$$

Da in dieser Gleichung die Glieder von der mobilen Belastung nicht einerlei Vorzeichen haben, so findet man wieder A_4 (max) resp. A_4 (min), wenn man einmal die positive und einmal die negative Gruppe von q weglässt.

Fig. 214.



Nach Fig. 214 findet man durch den Schnitt ss für die Pressung in der Strebe S_4 die Momentengleichung:

$$\begin{aligned} 0 = - S_4 \,.\, \sin w - p\,(^1/_{16} + \dots {}^8/_{16} - {}^7/_{16} - \dots {}^1/_{16}) \\ - q\,(^1/_{16} + \dots {}^8/_{16}) + q\,(^7/_{16} + \dots {}^1/_{16}) \quad . \quad (184) \end{aligned}$$

$$S_4 = - \frac{p\,(^1/_{16} + \dots {}^8/_{16} - {}^7/_{16} - \dots {}^1/_{16}) - q\,(^1/_{16} + \dots {}^8/_{16}) + q\,(^7/_{16} + \dots {}^1/_{16})}{\sin w} \quad . \quad (185)$$

Zur Berechnung von A_1 bis A_3 und von S_1 bis S_3 ergeben sich die folgenden Momentengleichungen und Formeln:

$$\left.\begin{aligned} 0 &= A_1 \,.\, \sin w - p\,(^1/_{16} + \dots {}^{15}/_{16}) - q\,(^1/_{16} + \dots {}^{15}/_{16}) \\ A_1 &= + \frac{p\,(^1/_{16} + \dots {}^{15}/_{16}) + q\,(^1/_{16} + \dots {}^{15}/_{16})}{\sin w} \end{aligned}\right\} \quad \dots \quad (186)$$

$$\left.\begin{aligned} 0 &= - S_1 \,.\, \sin w - p\,(^1/_{16} + \dots {}^{14}/_{16} - {}^1/_{16}) - q\,(^1/_{16} + \dots {}^{14}/_{16}) + q \cdot {}^1/_{16} \\ S_1 &= - \frac{p\,(^1/_{16} + \dots {}^{14}/_{16} - {}^1/_{16}) - q\,(^1/_{16} + \dots {}^{14}/_{16}) + q \cdot {}^1/_{16}}{\sin w} \end{aligned}\right\} \quad . \quad (187)$$

$$\left.\begin{aligned} 0 &= A_2 \,.\, \sin w - p\,(^1/_{16} + \dots {}^{13}/_{16} - {}^2/_{16} - {}^1/_{16}) - q\,(^1/_{16} + \dots {}^{13}/_{16}) + q\,(^2/_{16} + {}^1/_{16}) \\ A_2 &= + \frac{p\,(^1/_{16} + \dots {}^{13}/_{16} - {}^2/_{16} - {}^1/_{16}) + q\,(^1/_{16} + \dots {}^{13}/_{16}) - q\,(^2/_{16} + {}^1/_{16})}{\sin w} \end{aligned}\right\} \quad (188)$$

$$\left.\begin{aligned} 0 &= - S_2 \,.\, \sin w - p\,(^1/_{16} + \dots {}^{12}/_{16} - {}^3/_{16} - {}^2/_{16} - {}^1/_{16}) - q\,(^1/_{16} + \dots {}^{12}/_{16}) + q\,(^3/_{16} + {}^2/_{16} + {}^1/_{16}) \\ S_2 &= - \frac{p\,(^1/_{16} + \dots {}^{12}/_{16} - {}^3/_{16} - {}^2/_{16} - {}^1/_{16}) - q\,(^1/_{16} + \dots {}^{12}/_{16}) + q\,(^3/_{16} + {}^2/_{16} + {}^1/_{16})}{\sin w} \end{aligned}\right\} \quad (189)$$

$$\left.\begin{aligned} 0 &= A_3 \,.\, \sin w - p\left(\tfrac{1}{16}+\dots\tfrac{11}{16}-\tfrac{4}{16}-\dots\tfrac{1}{16}\right)-q\left(\tfrac{1}{16}+\dots\tfrac{11}{16}\right)+q\left(\tfrac{4}{16}+\dots\tfrac{1}{16}\right)\\ A_3 &= +\frac{p\left(\tfrac{1}{16}+\dots\tfrac{11}{16}-\tfrac{4}{16}-\dots\tfrac{1}{16}\right)+q\left(\tfrac{1}{16}+\dots\tfrac{11}{16}\right)-q\left(\tfrac{4}{16}+\dots\tfrac{1}{16}\right)}{\sin w}\end{aligned}\right\}\quad(190)$$

$$\left.\begin{aligned} 0 &= -S_3 \,.\, \sin w - p\left(\tfrac{1}{16}+\dots\tfrac{10}{16}-\tfrac{5}{16}-\dots\tfrac{1}{16}\right)-q\left(\tfrac{1}{16}+\dots\tfrac{10}{16}\right)+q\left(\tfrac{5}{16}+\dots\tfrac{1}{16}\right)\\ S_3 &= -\frac{p\left(\tfrac{1}{16}+\dots\tfrac{10}{16}-\tfrac{5}{16}-\dots\tfrac{1}{16}\right)-q\left(\tfrac{1}{16}+\dots\tfrac{10}{16}\right)+q\left(\tfrac{5}{16}+\dots\tfrac{1}{16}\right)}{\sin w}\end{aligned}\right\}\quad(191)$$

Der grösste Druck, den die Verticale am Auflager zu erleiden hat, ist $R = 8\,(p + q)$; dagegen ist die Spannung in dem Stücke der unteren Gurtung vom Auflager bis zum ersten Knotenpunkte $= 0$.

2. Beispiel. *Ein Fachwerkträger soll, nach Fig.* 211, *mit* 16 *Feldern construirt werden, dabei sollen die Gitterstäbe unter dem Winkel* $w = 45^0$ *geneigt sein. Für jeden Knotenpunkt sei die permanente Last* $p = 10$ *Ctr. und die mobile* $q = 20$ *Ctr. Es ist für diesen Fall die Trägerhöhe:*

$$h = tg\, w = tg\, 45^0 = 1$$

und man hat nach (169)*:*

$$X_4\,(min) = -\frac{7{,}5\,(10+20)\,.\,7+(10+20)\,(1+2+3+4+5+6)}{1} = -\,945\ Ctr.$$

Nach (172) *ist:*

$$Z_4\,(max) = +\frac{7{,}5\,(10+20)\,.\,8-(10+20)\,(1+2+3+4+5+6+7)}{1} = +\,960\ Ctr.$$

Ebenso ergeben sich nach den betreffenden Formeln:

$X_1\,(min) = -\,225\ Ctr.$	$Z_1\,(max) = +\,420\ Ctr.$
$X_2\,(min) = -\,585$ -	$Z_2\,(max) = +\,720$ -
$X_3\,(min) = -\,825$ -	$Z_3\,(max) = +\,900$ -

Da für dieses Beispiel $sin\, w = sin\, 45^0 = 0{,}70711$ *oder rund* $= 0{,}707$ *ist, so erhält man aus* (183) *durch abwechselndes Weglassen der negativen und dann der positiven Gruppe von* q *die Werthe:*

$$A_4\,(max) = +\frac{10\left(\tfrac{1}{16}+\dots\tfrac{9}{16}-\tfrac{6}{16}-\tfrac{5}{16}-\dots\tfrac{1}{16}\right)+20\left(\tfrac{1}{16}+\dots\tfrac{9}{16}\right)}{0{,}707} = +\,100{,}7\ Ctr.$$

$$A_4\,(min) = +\frac{10\left(\tfrac{1}{16}+\dots\tfrac{9}{16}-\tfrac{6}{16}-\tfrac{5}{16}-\dots\tfrac{1}{16}\right)-20\left(\tfrac{6}{16}+\tfrac{5}{16}+\dots\tfrac{1}{16}\right)}{0{,}707} = -\,15{,}8\ Ctr.$$

Ebenso wird:

$$S_4\,(max) = -\frac{10\left(\tfrac{1}{16}+\dots\tfrac{8}{16}-\tfrac{7}{16}-\dots\tfrac{1}{16}\right)+20\left(\tfrac{7}{16}+\dots\tfrac{1}{16}\right)}{0{,}707} = +\,42{,}4\ Ctr.$$

$$S_4\,(min) = -\frac{10\left(\tfrac{1}{16}+\dots\tfrac{8}{16}-\tfrac{7}{16}-\dots\tfrac{1}{16}\right)-20\left(\tfrac{1}{16}+\dots\tfrac{8}{16}\right)}{0{,}707} = -\,70{,}7\ Ctr.$$

In derselben Weise ergeben sich die Werthe:

$A_3\,(max) = +\,166{,}1\ Ctr.$;	$S_3\,(max) = -\quad 8{,}8\ Ctr.$
$A_3\,(min) = +\;\;22{,}5$ -	$S_3\,(min) = -\,132{,}6$ -
$A_2\,(max) = +\,238{,}6$ -	$S_2\,(min) = -\,201{,}5$ -
$A_1\,(max) = +\,318{,}2$ -	$S_1\,(min) = -\,277{,}4$ -

Diese Spannungszahlen sind abgerundet in Fig. 215 *für die eine Trägerhälfte eingeschrieben. Die Spannung in der Verticalen am Auflager ist wieder gleich der verticalen Seitenkraft des Ankers* A_1 *und es ist:*

Fig. 215 und 216.



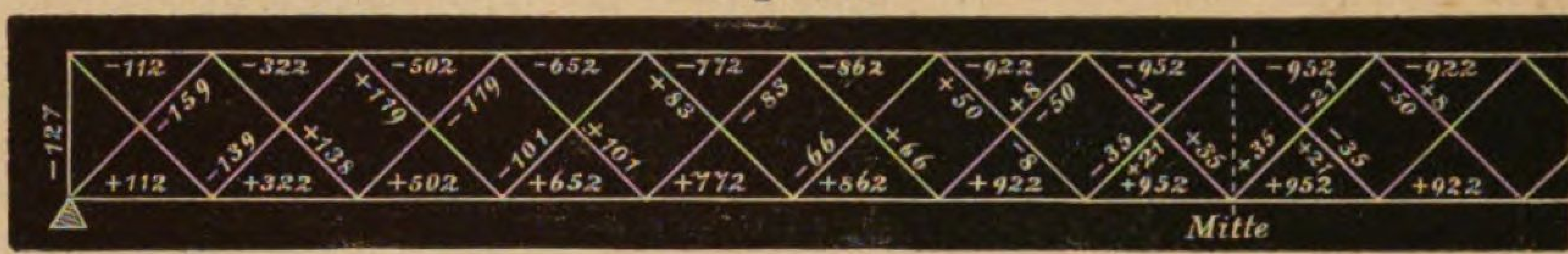
$$V = -\,(A_1\,.\,sin\,45^0) = -\,(+\,318{,}2\,.\,0{,}707) = -\,225\ Ctr.$$

Hierzu kommt noch als directe Belastung der Verticalen: $\tfrac{1}{2}(p+q) = \tfrac{1}{2}(10+20) = 15\ Ctr.$

Wenn man den Träger Fig. 215 umkehrt, wie Fig. 216 dies andeutet, so verwandeln sich die Anker in Streben und umgekehrt die Streben in Anker; die Spannungszahlen behalten aber ihre Gültigkeit, nur müssen die Vorzeichen sämmtlich entgegengesetzt genommen werden; eine Ausnahme macht die Verticale am Auflager.

Das einfach gekreuzte Gittersystem entsteht, wenn man einen Träger nach dem Schema Fig. 215 und einen andern nach dem Schema der Fig. 216 so auf einander legt, dass ihre verticale Mittellinie zusammenfällt. Aus diesen beiden Trägern ist der in Fig. 217 dargestellte entstanden. Die Spannungszahlen beider Träger sind zu halbiren, denn durch das Zusammenlegen der beiden Schemen, Fig. 215 und 216, hat der Träger eine doppelt so grosse Anzahl Knotenpunkte erhalten, wovon jeder nur die halbe Last eines Knotenpunktes des einfachen Systems erhält, daher kann die Anstrengung der Gitterstäbe auch nur halb so gross sein.

Fig. 217.



Die **gezogenen** Gitterstäbe können jede beliebige Querschnittform erhalten, dagegen aber müssen die gedrückten Stäbe eine solche Querschnittform besitzen, die nicht zulässt, dass die Stäbe von den Pressungen, welchen sie ausgesetzt sind, zerknickt werden. Für die Querschnitte der Streben sind daher die in §. 44 enthaltenen Regeln zu berücksichtigen.

Bei kleineren Gitterträgern genügt es, die Spannungen der Gitterstäbe in der Trägermitte und an den Trägerenden zu ermitteln, wobei man annehmen kann, dass die Spannungen von der Trägermitte nach den Enden hin geradlinig zunehmen. Die grösste Anstrengung der Gitterstäbe an den Auflagern erfolgt nämlich bei gleichmässiger **vollständiger** Belastung des Trägers, während die Stäbe in der Trägermitte dann am meisten angestrengt werden, wenn die eine Trägerhälfte vollständig belastet, die andere Hälfte aber **unbelastet** ist. Setzt man das einfache gleichschenkelige Dreieckssystem voraus und bezeichnet:

V die Verticalkraft in der Trägermitte,
V_1 die Verticalkraft an den Trägerenden,
S die Spannung der Gitterstäbe in der Trägermitte,
S_1 dieselbe an den Trägerenden,
l die Länge des Trägers von Mitte zu Mitte Auflager,
p die permanente Belastung,
q die mobile Nutzlast,
w den Neigungswinkel der Gitterstäbe,

so ist:

$$V = \frac{q\,l}{8}, \text{ und } V_1 = \frac{l}{2}(p+q) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (192)$$

$$S = \frac{q\,l}{8 \sin w}; \text{ und } S_1 = \frac{l\,(p+q)}{2 \sin w} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (193)$$

Ist der Winkel $w = 45^0$, so wird:

$$S = \frac{q\,l}{8}\sqrt{2} = 0{,}1768\,q\,l; \text{ und } S_1 = (p+q)\frac{l}{2}\sqrt{2} = 0{,}707\,(p+q)\,l \quad \ldots \quad (194)$$

Die für die Gitterstäbe erforderliche Netto-Querschnittfläche F in der Trägermitte und F_1 an den Trägerenden ist hiernach, wenn die Flächeneinheit mit k beansprucht wird:

$$F = 0{,}1768\,\frac{q\,l}{k}; \text{ und } F_1 = 0{,}707\,\frac{(p+q)\,l}{k} \quad \ldots\ldots \quad (195)$$

Die gedrückten Stäbe müssen natürlich wieder mit Rücksicht auf das Zerknicken construirt werden. Ist das System einfach gekreuzt, so werden die Spannungen in den Stäben auch nur halb so gross, wie (194) ergiebt und darnach ist auch nur der halbe Querschnitt (195) erforderlich.

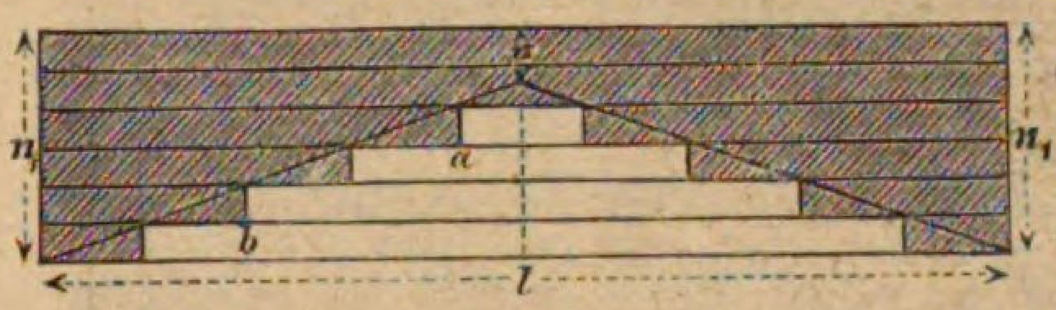
Die Gurtungsquerschnitte für die Trägermitte lassen sich nach Formel (136) leicht bestimmen, wenn man den hierin enthaltenen Querschnitt der verticalen Blechwand vernachlässigt. Im Falle die Gurtung aus dem Winkeleisen und mehreren Deckplatten zusammengesetzt ist, ergeben sich die Längen der einzelnen Deckplatten nach der in Fig. 163 dargestellten graphischen Methode.

Sind die Stabquerschnitte F und F_1 für die Mitte und für die Enden des Trägers nach (195) oder in anderer Weise berechnet, so sind zur Ermittelung der Nietzahl für die Befestigung der Gitterstäbe an den Gurtungen zunächst die beiden Stabquerschnitte in Nietquerschnitte umzusetzen. Die Querschnittfläche eines Nietes vom Durchmesser D ist $= \frac{D^2 \pi}{4} = 0,78\,D^2$; man erhält also die Anzahl der **Nietschnitte** n und n_1, wenn man setzt:

$$n = \frac{F}{0,78\,D^2}; \text{ und } n_1 = \frac{F_1}{0,78\,D^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (196)$$

Diese Zahlen n und n_1 trage man, nach Fig. 218, als Ordinaten über die Spannweite l auf und verbinde die Endpunkte durch gerade Linien. Theilt man nun die Hauptordinate n_1 in die vom Durchmesser D abhängende Anzahl Nietschnitte und zieht durch die Theilpunkte horizontale Linien, so geben die Durchschnittspunkte der Horizontalen mit den erst gezogenen Graden je den Ort, bis zu welchem die darüber liegende Anzahl Nietschnitte beizubehalten ist. Wenn z. B. in der Trägermitte 2 Nietschnitte (bei zweischnittiger Inanspruchnahme also 1 Niet) für einen Stab nöthig sind, so würden diese von der Mitte bis a beizubehalten sein, von hier werden 3 Nietschnitte und weiter, bis b, 4 Nietschnitte oder 2 Niete erforderlich, von b ab beginnen 5 und weiter, bis ans Trägerende, 6 Nietschnitte für jeden Stab. Diesen Nietschnitten haben auch die Querschnitte der Gitterstäbe auf den einzelnen Strecken zu entsprechen.

Fig. 218.



Ist das System einfach gekreuzt, also zweifach, wie in Fig. 217, oder allgemein n-fach, so gehören zu den sämmtlichen Stäben eines Feldes mindestens n Nieten, indem dann jeder Gitterstab mit 1 Niet befestigt ist (Fig. 174 und 176). Die Ordinate, welche n Nietschnitte umfasst, giebt den Ort, bis zu welchem das Gitterwerk von der Trägermitte aus gleich stark bleibt. Von hier erhält jeder Stab 2 Nieten bis zur Ordinate $2n$, von da 3 Nieten bis zur Ordinate $3n$ etc., wobei immer die Stabquerschnitte, entsprechend den Nietquerschnitten, wodurch sie befestigt sind, wachsen müssen.

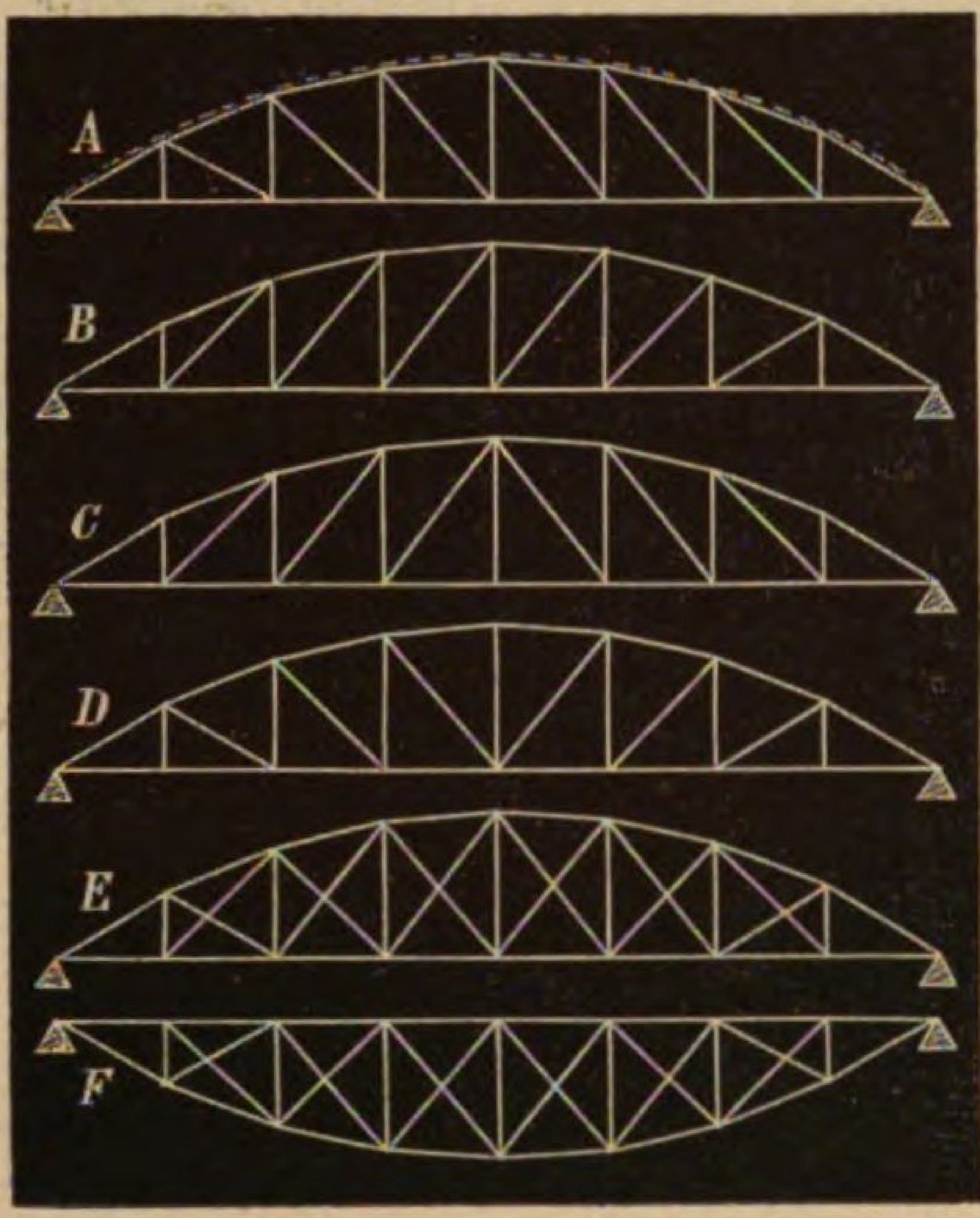
§. 65. Berechnung der Spannungen in den Fachwerkträgern mit gekrümmten Gurtungen.

Ganz ähnlich, wie in dem Vorhergehenden angedeutet ist, lassen sich auch die Spannungen in den Gurtungen und Fachwerkstäben der parabolischen Träger ermitteln. Sind alle Knotenpunkte eines solchen Trägers **gleichmässig** belastet, so ist die Spannung in den Diagonalen $= 0$, während die Verticalen gedrückt oder gezogen werden, je nachdem die oberen oder unteren Knotenpunkte die Last aufnehmen, und zwar mit einer Kraft, welche gleich der Last ist, die in jedem Knotenpunkte angreift. Wenn aber der Träger eine **schiefe** Belastung zu tragen hat, so werden auch die Diagonalen, je nach ihrer Lage, auf Zug oder auf Druck in Anspruch genommen. Dieselben können entweder von rechts nach links ansteigen, wie bei dem Träger A Fig. 219, oder von links nach rechts, wie bei B. Sie können aber auch für jede Trägerhälfte entgegengesetzt liegen, nach dem Schema C oder D, oder es können endlich die Diagonalen nach dem Schema A und B in einem Träger vereinigt sein; in diesem Falle müssen dieselben sich kreuzen. Die gekreuzten Diagonalen lassen sich sowohl als Streben wie als Anker construiren, doch ist leicht einzusehen, dass sie wegen ihrer beträchtlichen Länge als Anker am zweckmässigsten wirken, da sie als Streben gegen Zerknicken gesichert werden müssten und daher viel Material erfordern würden.

Die gekrümmte Gurtung der parabolischen Träger kann, wie die Formen E und F Fig. 219 andeuten, nach oben oder unten gerichtet sein, wie es gerade die örtlichen Verhältnisse bedingen, wonach natürlich die Inanspruchnahme der Gurtungen auf Zug oder Druck in beiden Fällen entgegengesetzt ist.

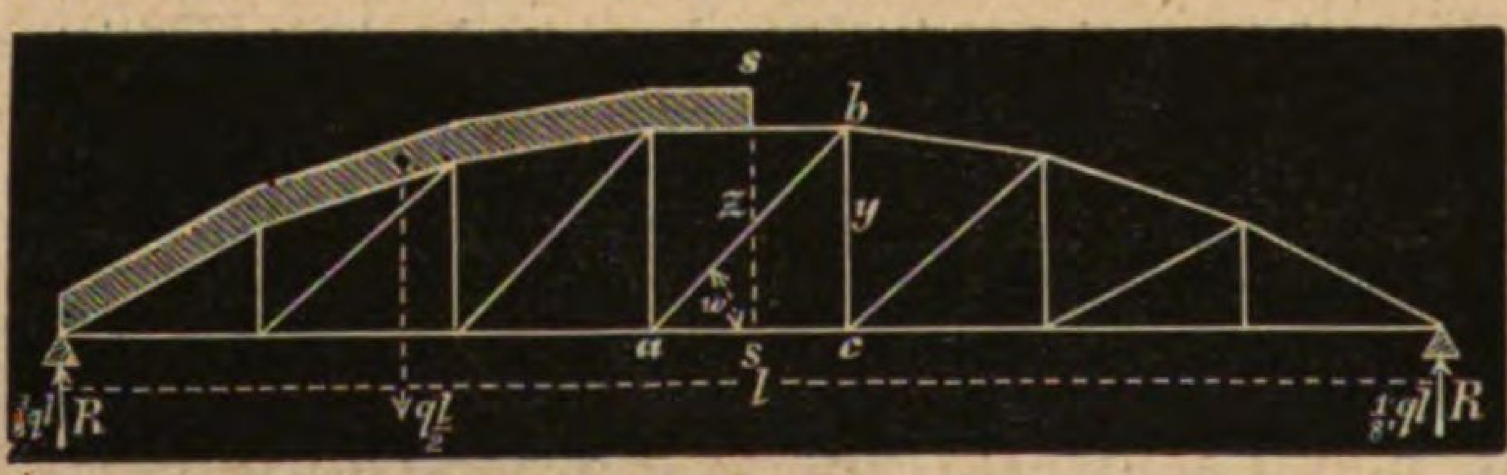
Im vorhergehenden Paragraph wurde erwähnt, dass die Anstrengung der Diagonalen eines beliebigen Trägerfeldes dann am grössten wird, wenn nur die eine Seite des Trägers von diesem Felde an belastet ist. Sind gekreuzte als Anker construirte Diagonalen vorhanden, so wird für jeden Fall nur eine derselben beansprucht, während die andere spannungslos bleibt; welche von beiden Diagonalen in Thätigkeit geräth, richtet sich nach der jedesmaligen Belastungsweise des Trägers.

Fig. 219.



Nach dem oben Gesagten ruft nur die mobile Belastung in den Diagonalen Spannung hervor, wenn man das Eigengewicht des Trägers über alle Knotenpunkte gleichmässig vertheilt annimmt. Denkt man die linke Trägerhälfte, nach Fig. 220, pro Längeneinheit mit q belastet, und diese Last $= \frac{q\,l}{2}$ in ihrem Schwerpunkte angreifend, so wirkt dieselbe an dem Hebelarm $\frac{l}{4}$ und die Verticalkraft für den Schnitt $s\,s$ durch die Trägermitte ist $= \frac{q\,l}{8}$. Bezeichnet y die Höhe $b\,c$ des Trägers und z die Länge der Diagonalen $a\,b$, so erhält man die Spannung in der letzteren, wenn die Verticalkraft in der Trägermitte mit $\frac{z}{y}$ multiplicirt wird. Es ist also in der mittleren Diagonalen $a\,b$, Fig. 220, die Spannung $= \frac{q\,l}{8} \cdot \frac{z}{y}$. Da aber $\frac{y}{z} = \sin w$ ist, so kann man für die Spannung in der Diagonalen auch schreiben $\frac{q\,l}{8 \sin w}$.

Fig. 220.



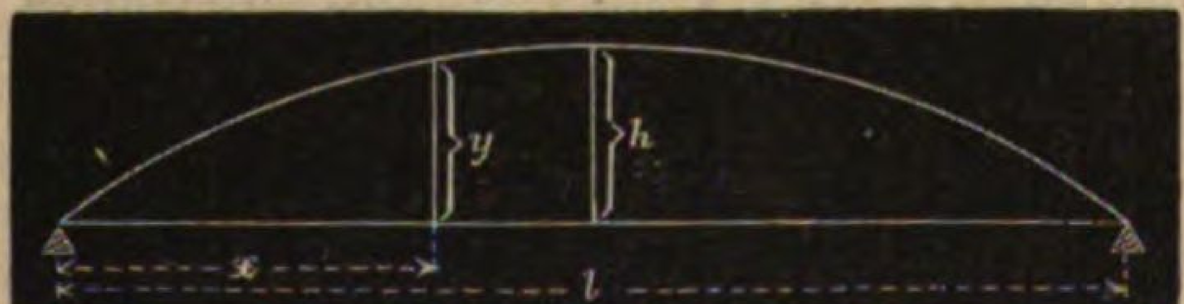
Die Verticalen werden von der auf der oberen Gurtung liegenden Last in diesem Falle gedrückt, sie erzeugen somit in den Diagonalen **Zugspannung**, deren Maximum für das mittlere Trägerfeld ist:

$$+ \frac{q\,l}{8} \cdot \frac{z}{y} = + \frac{q\,l}{8 \,.\, \sin w} \quad \text{.} \quad (197)$$

Wäre nur die rechte Trägerhälfte belastet, so würden die Diagonalen in Fig. 220 **Druckspannung** erhalten, welche für die Diagonale $a\,b$ den grössten Werth (197), mit entgegengesetztem Vorzeichen, erreicht.

Die Höhe der parabolischen Träger wird in der Regel $= {}^1/_8$ bis ${}^1/_{10}$ der Länge genommen. Bezeichnet $\frac{h}{l}$ das Pfeilverhältniss, Fig. 221, und y die Höhe einer Verticalen im Abstande x vom Auflager, so ist nach **Brandt***):

Fig. 221.



$$\left.\begin{aligned} y &= {}^2/_5\,(l-x)\,\frac{x}{l}, \text{ wenn } \frac{h}{l} = {}^1/_{10} \\ y &= {}^4/_9\,(l-x)\,\frac{x}{l}, \quad - \quad \frac{h}{l} = {}^1/_9 \\ y &= {}^1/_2\,(l-x)\,\frac{x}{l}, \quad - \quad \frac{h}{l} = {}^1/_8 \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad (198)$$

*) Vergl. »Lehrbuch der Eisenconstructionen« (S. 264) von E. Brandt, Baumeister und Docent an der Bau-Akademie zu Berlin. Verlag von Ernst u. Korn in Berlin.

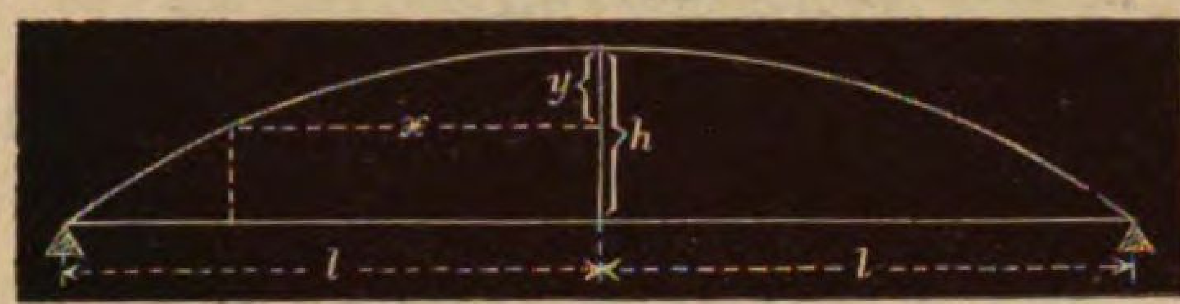
Nach Dr. **Ritter***) ist allgemein die parabolische Form eines Trägers bestimmt, wenn die Bezeichnungen in Fig. 222 gelten, durch die Gleichung:

$$y = h \frac{x^2}{l^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (199)$$

Beispiel. *Für eine Spannweite von* 20 *Meter soll ein parabolischer Träger construirt werden, der* $^1/_{10}$ *der Länge zur Höhe hat; dieser Träger soll* 10 *Felder erhalten.*

Es ist hier die Länge der mittleren Verticalen oder die Trägerhöhe $h = {}^{20}/_{10} = 2$ *Meter. Die Abstände x der Verticalen vom Auflager sind nach einander:* 8, 6, 4 *und* 2 *Meter; man erhält daher ihre Längen y nach* (198):

Fig. 222.



(4) $y = {}^2/_5\,(l - x)\,\frac{x}{l} = 0{,}4\,(20 - 8)\,{}^8/_{20} = 1{,}92$ *Meter,*

(3) $y = 0{,}4\,(20 - 6)\,{}^6/_{20} = 1{,}68$ *Meter*

(2) $y = 0{,}4\,(20 - 4)\,{}^4/_{20} = 1{,}28$ -

(1) $y = 0{,}4\,(20 - 2)\,{}^2/_{20} = 0{,}72$ -

Nachdem die Form des Trägers auf diese Weise bestimmt ist, lassen sich die Spannungen in den einzelnen Verbandstücken nach der **Ritter**'schen Methode leicht berechnen, wenn man solche Schnitte geführt denkt, dass jedesmal nur drei Stangen getroffen werden, wobei wieder der Durchschnittspunkt je zweier Stangen als Drehpunkt des Hebels angesehen wird.

Der Träger Fig. 223 hat die äussere Form des **Schwedler**'chen Trägers, doch sind alle Diagonalen nach einer Richtung geneigt; es sollen aber die Dimensionen und die Belastung des Brückenträgers Fig. 169 hier angewendet und darnach die Spannungen in den Stangen berechnet werden. Die Entfernung der Knotenpunkte ist = 4,08 Meter und darnach beträgt die ganze Trägerlänge 9 . 4,08 = 36,72 Meter. Jeder Knotenpunkt erhält eine permanente Belastung $p = 142$ Ctr. und eine mobile $q = 176$ Ctr.; zusammen also = 318 Ctr. Bei voller Belastung des Trägers ist daher der Gegendruck des Auflagers: $R = \frac{8\,.\,318}{2} = 1272$ Ctr. Die Längen der Verticalen vom Auflager an gerechnet sind: (1) = 2,636 Meter, (2) = 4,08 Meter, (3) und (4) = 4,707 Meter. Es ist demnach zur Berechnung von Z_1 für den Drehpunkt n, Fig. 224, wenn man den Schnitt ss führt, die Momentengleichung:

Fig. 223.

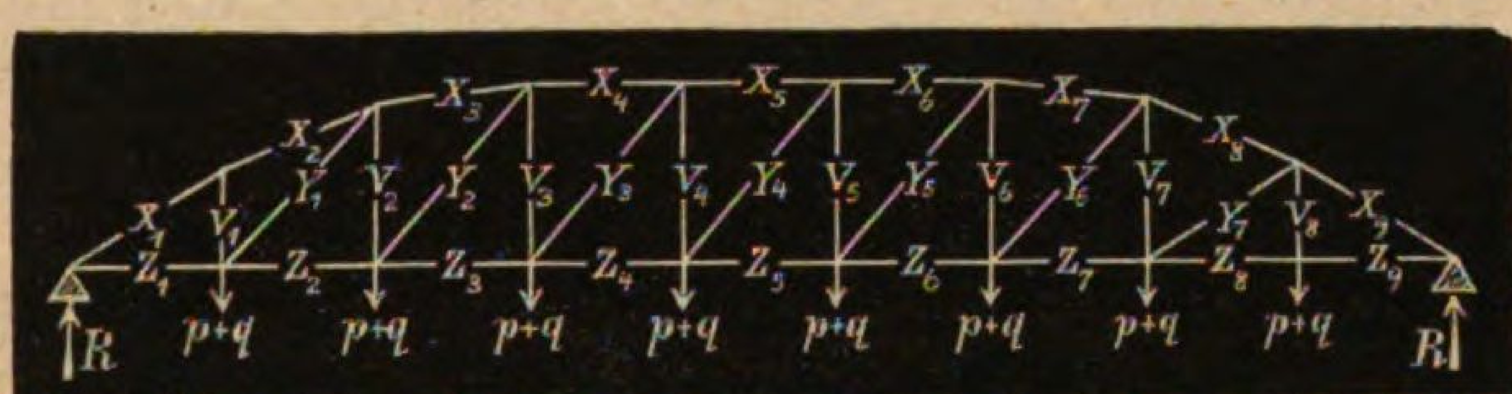
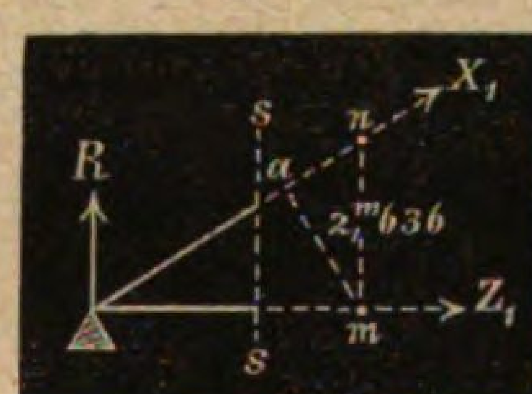


Fig. 224.



$$0 = -Z_1\,.\,2{,}636 + R\,.\,4{,}08 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (200)$$

Nach (140) ist aber die Auflager-Reaction, wenn man die vom Auflager direct aufgenommene Last weglässt:

$$R = p\,({}^1/_9 + {}^2/_9 + {}^3/_9 + {}^4/_9 + {}^5/_9 + {}^6/_9 + {}^7/_9 + {}^8/_9) + q\,({}^1/_9 + {}^2/_9 + {}^3/_9 + {}^4/_9 + {}^5/_9 + {}^6/_9 + {}^7/_9 + {}^8/_9) \quad (201)$$

Diesen Werth in (200) eingesetzt, ergiebt:

$$0 = -Z_1\,.\,2{,}636 + p\,({}^1/_9 + \ldots {}^8/_9)\,4{,}08 + q\,({}^1/_9 + \ldots {}^8/_9)\,4{,}08 \quad . \quad . \quad (202)$$

Da nun alle von der mobilen Last herrührenden Glieder einerlei Vorzeichen haben, so wird:

$$Z_1\,(\max) = + \frac{142\,({}^1/_9 + \ldots {}^8/_9)\,4{,}08 + 176\,({}^1/_9 + \ldots {}^8/_9)\,4{,}08}{2{,}636} = +\,1969 \text{ Ctr.}$$

*) Vergl. Theorie der parabolischen Träger in Dr. Ritter's »Elementare Theorie und Berechnung eiserner Dach- und Brücken-Constructionen«. S. 28.

Die Kraft X_1, Fig. 224, wirkt in Bezug auf den Drehpunkt m an dem Hebelarm am, dessen Länge = 2,21 Meter ist, zur Berechnung von X_1 hat man daher:

$$0 = X_1 \,.\, 2{,}21 + R \,.\, 4{,}08 \quad \ldots \quad (203)$$

In diese Gleichung den Werth von R aus (201) substituirt, ergiebt:

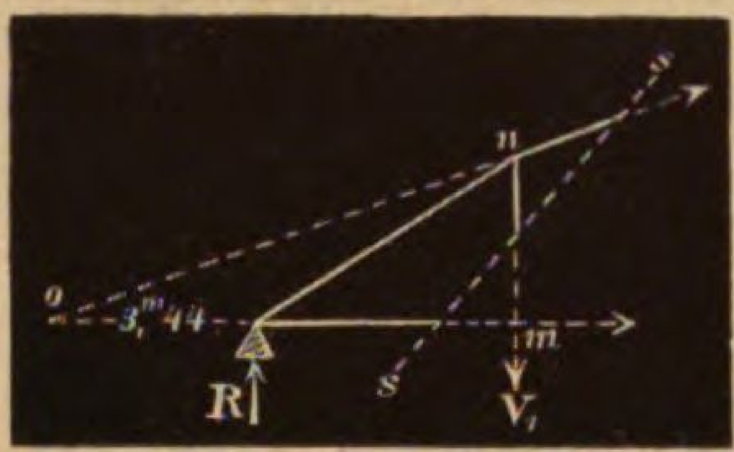
$$0 = X_1 \,.\, 2{,}21 + p\,(^1/_9 + \ldots ^8/_9)\,4{,}08 + q\,(^1/_9 + \ldots ^8/_9)\,4{,}08 \quad \ldots \quad (204)$$

oder es wird:

$$X_1\,(\min) = -\frac{142\,(^1/_9 \ldots ^8/_9)\,4{,}08 - 176\,(^1/_9 + \ldots ^8/_9)\,4{,}08}{2{,}21} = -\,2348 \text{ Ctr.}$$

Die Spannung V_1 in der Verticalen mn, Fig. 225, lässt sich berechnen, wenn man den Schnitt ss führt und den Durchschnittspunkt o der beiden mit durchschnittenen Stangen als Drehpunkt betrachtet. Dieser Punkt liegt 3,44 Meter über der Mitte des Auflagers hinaus, es wird also der Hebelarm der Kraft V_1 gleich 3,44 + 4,08 = 7,52 Meter und als Momentengleichung erhält man:

Fig. 225.



$$0 = V_1 \,.\, 7{,}52 - R \,.\, 3{,}44 \quad \ldots \quad (205)$$

Setzt man für R wieder den Werth aus (201), so ist:

$$0 = V_1 \,.\, 7{,}52 - p\,(^1/_9 + \ldots ^8/_9)\,3{,}44 - q\,(^1/_9 + \ldots ^8/_9)\,3{,}44 \quad (206)$$

Da auch hier alle mit q zu multiplicirenden Glieder einerlei Vorzeichen haben, so wird:

$$V_1\,(\max) = +\frac{142\,(^1/_9 + \ldots ^8/_9)\,3{,}44 + 176\,(^1/_9 + \ldots ^8/_9)\,3{,}44}{7{,}52} = +\,582 \text{ Ctr.}$$

Durch den Schnitt ss, Fig. 226, sind Z_2, X_2 und Y_1 zu ermitteln. Die Momentengleichung für den Drehpunkt n ist:

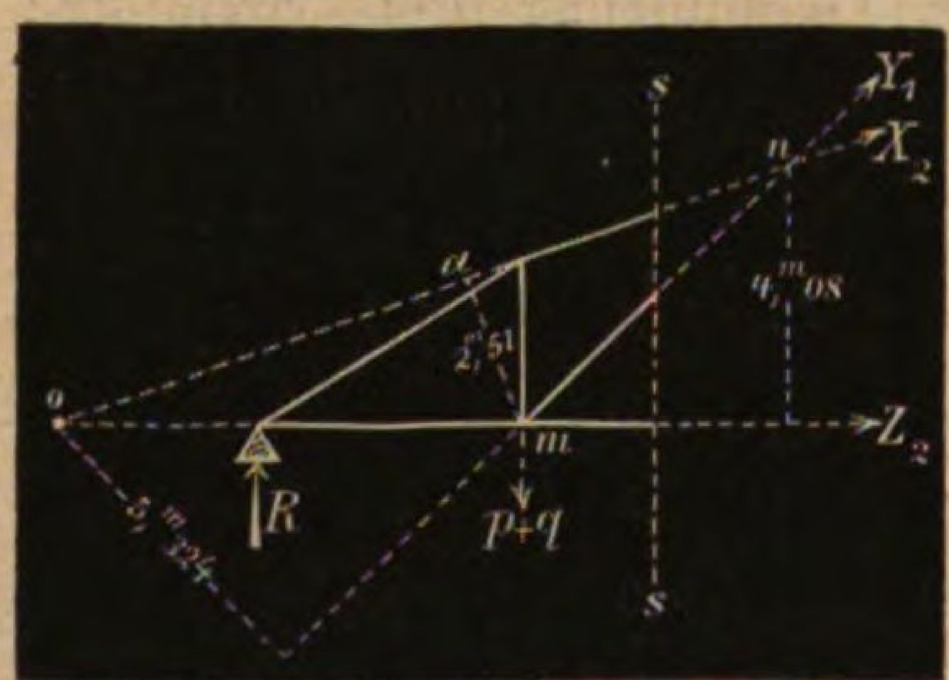
$$0 = -\,Z_2 \,.\, 4{,}08 + R \,.\, 2 \,.\, 4{,}08 - p \,.\, 4{,}08 - q \,.\, 4{,}08 \quad \ldots \quad (207)$$

Hierin den Werth von R aus (201) gesetzt, macht:

$$0 = -\,Z_2 \,.\, 4{,}08 + p\,(^1/_9 + \ldots ^8/_9)\,8{,}16 + q\,(^1/_9 + \ldots ^8/_9)\,8{,}16 - p \,.\, 4{,}08 - q \,.\, 4{,}08 \quad (208)$$

Für den Knotenpunkt m sind in dieser Gleichung zwei Glieder enthalten, $+\,q \,.\, ^8/_9 \,.\, 8{,}16$ von der Reaction des Auflagers und $-\,q \,.\, 4{,}08$ von der directen Belastung dieses Knotenpunktes. Beide Glieder sind nach S. 105 zu einem Gliede $q\,(^8/_9 \,.\, 8{,}16 - 4{,}08)$ zu vereinigen und dann erhält (208) die Form:

Fig. 226.



$$0 = -\,Z_2 .4{,}08 + p[(^1/_9 + \ldots ^7/_9)\,8{,}16 + (^8/_9 .8{,}16 - 4{,}08)]$$
$$+\,q[(^1/_9 + \ldots ^7/_9)\,8{,}16 + (^8/_9 .8{,}16 - 4{,}08)] \quad (209)$$

Alle Glieder von q sind wieder positiv und man kann (209) kürzer schreiben:

$$0 = -\,Z_2 \,.\, 4{,}08 + (p + q)\,[(^1/_9 + \ldots ^7/_8)\,8{,}16$$
$$+\,(^8/_9 \,.\, 8{,}16 - 4{,}08)] \quad \ldots \quad (210)$$

Hiernach wird:

$$Z_2\,(\max) = +\frac{318\,[(^1/_9 + \ldots ^7/_9)\,8{,}16 + (^8/_9 \,.\, 8{,}16 - 4{,}08)]}{4{,}08} = +\,2226 \text{ Ctr.}$$

Der Hebelarm am der Kraft X_2 hat, nach Fig. 226, für den Drehpunkt m die Länge von 2,51 Meter, es ist demnach die Momentengleichung für diesen Drehpunkt:

$$0 = X_2 \,.\, 2{,}51 + R \,.\, 4{,}08 \quad \ldots \quad (211)$$

Für R den Werth aus (201) gesetzt, ergiebt:

$$0 = X_2 \,.\, 2{,}51 + (p + q)\,(^1/_9 + \ldots ^8/_9)\,4{,}08 \quad \ldots \quad (212)$$

Aus dieser Gleichung findet sich:

$$X_2\,(\min) = -\frac{318\,(^1/_9 + \ldots ^8/_9)\,4{,}08}{2{,}51} = 2068 \text{ Ctr.}$$

Zur Berechnung der Kraft Y_1 hat man den Drehpunkt o, Fig. 226. Dieser liegt in 3,44 Meter Abstand vom Auflager und die Kraft Y_1 wirkt an einem Hebelarm von 5,324 Meter, es ergiebt sich darnach die Momentengleichung:

$$0 = - Y_1 \,.\, 5{,}324 - R \,.\, 3{,}44 + p \,.\, 7{,}52 + q \,.\, 7{,}52 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (213)$$

Wird hierin der Werth von R aus (201) substituirt und wird die Gleichung so geordnet, dass der Einfluss jeder Belastung durch ein einzelnes Glied dargestellt ist, so erhält man:

$$0 = - Y_1 \,.\, 5{,}324 - p \left[\left(\tfrac{1}{9} + \ldots \tfrac{7}{9}\right) 3{,}44 - \left(7{,}52 - \tfrac{8}{9} \,.\, 3{,}44\right)\right]$$
$$- q \left(\tfrac{1}{9} + \ldots \tfrac{7}{9}\right) 3{,}44 + q \left(7{,}52 - \tfrac{8}{9} \,.\, 3{,}44\right) \quad . \quad . \quad (214)$$

Lässt man aus dieser Gleichung die positive Gruppe von q weg, so ergiebt sich:

$$Y_1 \,(\mathrm{min}) = - \frac{142 \left[\left(\tfrac{1}{9} + \ldots \tfrac{7}{9}\right) 3{,}44 - \left(7{,}52 - \tfrac{8}{9} \,.\, 3{,}44\right)\right] - 176 \left(\tfrac{1}{9} + \ldots \tfrac{7}{9}\right) 3{,}44}{5{,}324} = - 520 \text{ Ctr.}$$

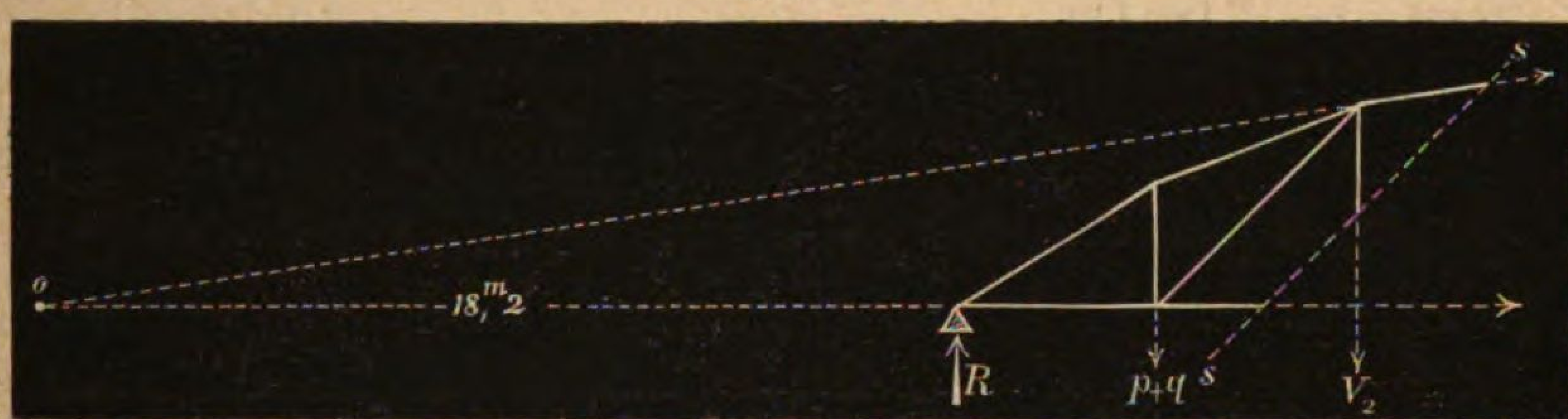
Durch Weglassung der negativen Gruppe von q wird:

$$Y_1 \,(\mathrm{max}) = - \frac{142 \left[\left(\tfrac{1}{9} + \ldots \tfrac{7}{9}\right) 3{,}44 - \left(7.52 - \tfrac{8}{9} \,.\, 3{,}44\right)\right] + 176 \left(7{,}52 - \tfrac{8}{9} \,.\, 3{,}44\right)}{5{,}324} = - 19 \text{ Ctr.}$$

Die Spannung Y_1 ist also in beiden Fällen Druckspannung.

Führt man, wie in Fig. 227, den Schnitt ss, so hat man zur Bestimmung von V_2 den Durchschnittspunkt o als Drehpunkt, der um 18,2 Meter vom Auflager entfernt liegt. Es ist die Momentengleichung für diesen Drehpunkt:

Fig. 227.



$$0 = V_2 \left(18{,}2 + 2 \,.\, 4{,}08\right) - R \,.\, 18{,}2 + (p + q) \left(18{,}2 + 4{,}08\right) \quad . \quad . \quad (215)$$

Setzt man den Werth von R in diese Gleichung ein und ordnet dieselbe entsprechend, so wird:

$$0 = V_2 \,.\, 26{,}36 - p \left[\left(\tfrac{1}{9} + \ldots \tfrac{7}{9}\right) 18{,}2 - \left(22{,}28 - \tfrac{8}{9} \,.\, 18{,}2\right)\right]$$
$$- q \left(\tfrac{1}{9} + \ldots \tfrac{7}{9}\right) 18{,}2 + q \left(22{,}28 - \tfrac{8}{9} \,.\, 18{,}2\right) \quad . \quad . \quad (216)$$

Wenn das positive Glied der mobilen Belastung weggelassen wird, ergiebt sich:

$$V_2 \,(\mathrm{max}) = + \frac{142 \left[\left(\tfrac{1}{9} + \ldots \tfrac{7}{9}\right) 18{,}2 - \left(22{,}28 - \tfrac{8}{9} \,.\, 18{,}2\right)\right] + 176 \left(\tfrac{1}{9} + \ldots \tfrac{7}{9}\right) 18{,}2}{26{,}36} = + 650 \text{ Ctr.}$$

Wird dagegen die negative Gruppe weggelassen, so ist:

$$V_2 \,(\mathrm{min}) = + \frac{142 \left(\tfrac{1}{9} + \ldots \tfrac{7}{9}\right) 18{,}2 - \left(22{,}28 - \tfrac{8}{9} \,.\, 18{,}2\right)\Big] - 176 \left(22{,}28 - \tfrac{8}{9} \,.\, 18{,}2\right)}{26{,}36} = + 231 \text{ Ctr.}$$

In beiden Fällen ist V_2 hier eine Zugspannung.

Der Hebelarm der Kraft Y_2 beträgt, wie in Fig. 228 angedeutet ist, 19,8 Meter und als Momentengleichung findet man:

$$0 = - Y_2 \,.\, 19{,}8 - 142 \left[\left(\tfrac{1}{9} + \ldots \tfrac{6}{9}\right) 18{,}2 - \left(26{,}36 - \tfrac{7}{9} \,.\, 18{,}2\right) - \left(22{,}28 - \tfrac{8}{9} \,.\, 18{,}2\right]\right.$$
$$\left. - 176 \left(\tfrac{1}{9} + \ldots \tfrac{6}{9}\right) 18{,}2 + 176 \left[\left(26{,}36 - \tfrac{7}{9} \,.\, 18{,}2\right) - \left(22{,}28 - \tfrac{8}{9} \,.\, 18{,}2\right)\right. \quad (217)$$

Hieraus wird:

$$Y_2 \,(\mathrm{max}) = - 11 \text{ Ctr. und } Y_2 \,(\mathrm{min}) = - 551 \text{ Ctr.}$$

Zur Bestimmung der Kraft X_3, deren Hebelarm, in Bezug auf den Drehpunkt m Fig. 228, eine Länge von 4,03 Meter hat, ist die Gleichung der statischen Momente:

$$0 = X_3 \,.\, 4{,}03 + 318 \left[\left(\tfrac{1}{9} + \ldots \tfrac{7}{9}\right) 8{,}16 + \left(\tfrac{8}{9} \,.\, 8{,}16 - 4{,}08\right)\right] \quad . \quad . \quad (218)$$

$$X_3 \,(\mathrm{min}) = - 2254 \text{ Ctr.}$$

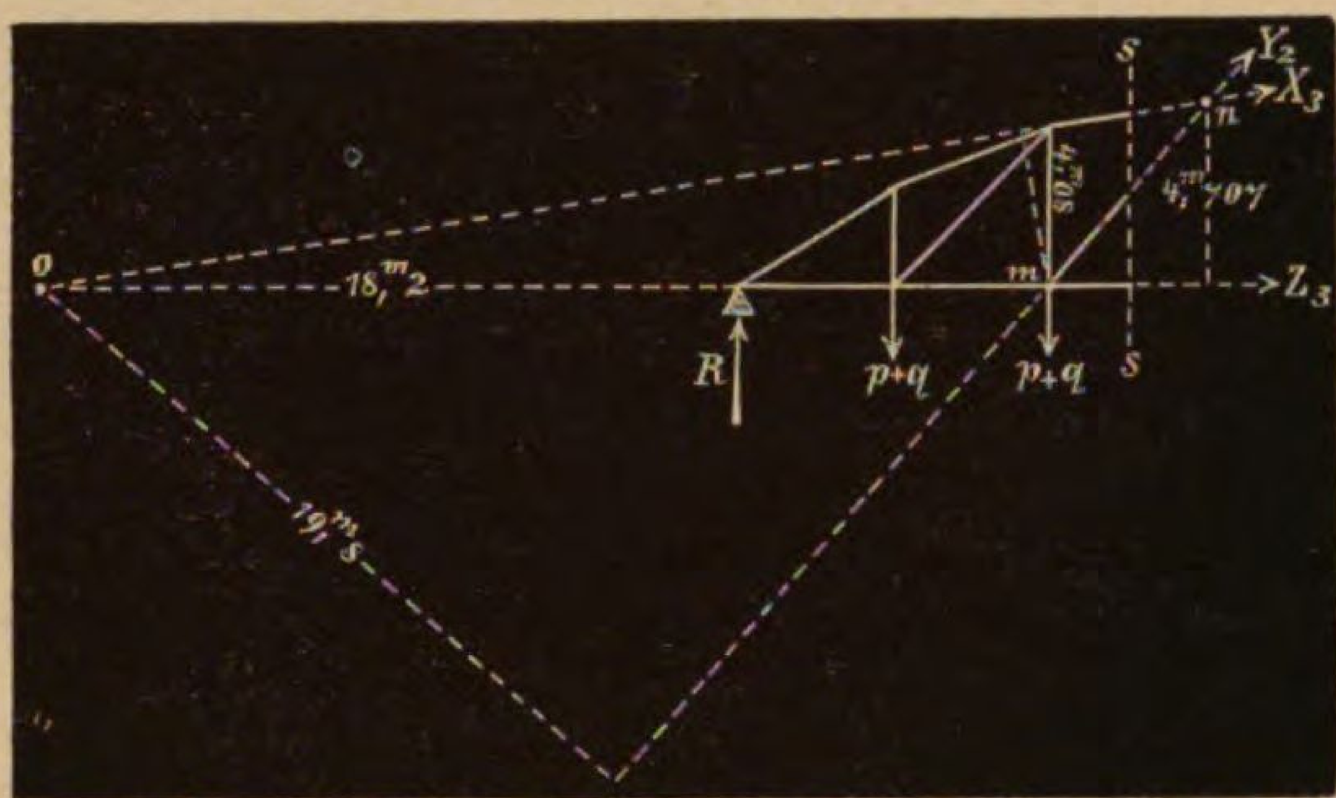
Der Punkt n als Durchschnittspunkt der beiden Kräfte X_3 und Y_2 ist der Drehpunkt zur Bestimmung der Kraft Z_3, deren Hebelarm 4,707 Meter lang ist; man hat:

$$0 = -Z_3 \,.\, 4{,}707 + 318\,[(^1/_9 + \ldots {}^6/_9)\,12{,}24 + (^7/_9 \,.\, 12{,}24 - 4{,}08) + (^8/_9 \,.\, 12{,}24 - 8{,}16)] \quad (219)$$

Z_3 (max) $= + 2480$ Ctr.

Der Durchschnittspunkt der parallelen Kräfte X_4 und Z_4, Fig. 229, liegt in unendlicher Entfernung, demnach erhält man als Momentengleichung zur Berechnung der Kraft Y_3 nach (148):

Fig. 228.



$$0 = -Y_3 \,.\, \sin w - 142\,[^1/_9 + \ldots {}^5/_9 - (1 - {}^6/_9) - (1 - {}^7/_9) - (1 - {}^8/_9)] - 176\,(^1/_9 + \ldots {}^5/_9) + 176\,[(1 - {}^6/_9) + (1 - {}^7/_9) + (1 - {}^8/_9)] \quad (220)$$

Da die Neigung der Diagonalen etwas mehr als 49° beträgt, so wird $\sin w = 0{,}756$ und die Gleichung (220) ergiebt:

Y_3 (max) $= - 33$ Ctr. und

Y_3 (min) $= - 576$ Ctr.

Die Momentengleichung für den Drehpunkt m resp. n, Fig. 229, ist:

$$0 = X_4 \,.\, 4{,}707 + 318\,[(^1/_9 + \ldots {}^6/_9)\,12{,}24 + (^7/_9 \,.\, 12{,}24 - 4{,}08) + (^8/_9 \,.\, 12{,}24 - 8{,}16)] \quad (221)$$

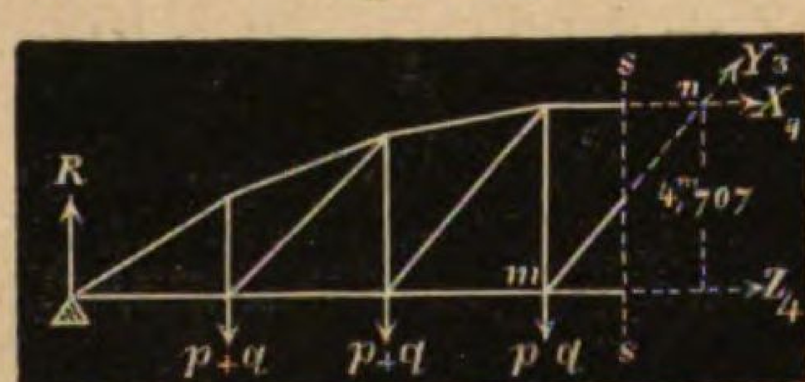
X_4 (min) $= - 2480$ Ctr.

$$0 = -Z_4 \,.\, 4{,}707 + 318\,[(^1/_9 + \ldots {}^5/_9)\,16{,}32 + (^6/_9 \,.\, 16{,}32 - 4{,}08) + (^7/_9 \,.\, 16{,}32 - 8{,}16) + (^8/_9 \,.\, 16{,}32 - 12{,}24)] \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (222)$$

Z_4 (max) $= + 2756$ Ctr.

Die Drehpunkte für Z_5, X_5 und X_6 stehen so weit vom Auflager ab, wie derjenige für Z_4, auch sind die Hebelarme dieser Kräfte gleich lang, weshalb alle vier Kräfte gleich gross werden; es ist:

Fig. 229.



Z_5 (max) $= + 2756$ Ctr. und $X_5 = X_6$ (min) $= - 2756$ Ctr.

Nach (151) hat man zur Bestimmung der Kraft V_3 die Gleichung:

$$0 = V_3 - 142\,[^1/_9 + \ldots {}^6/_9 - (1 - {}^7/_9) - (1 - {}^8/_9)] - 176\,(^1/_9 + \ldots {}^6/_9) + 176\,[(1 - {}^7/_9) + (1 - {}^8/_9)] \quad (223)$$

Hieraus wird:

V_3 (max) $= + 695$ Ctr. und V_3 (min) $= + 225$ Ctr.

Ebenso ist:

$$0 = V_4 - 142\,[^1/_9 + \ldots {}^5/_9 - (1 - {}^6/_9) - (1 - {}^7/_9) - (1 - {}^8/_9)] - 176\,(^1/_9 + \ldots {}^5/_9) + 176\,[(1 - {}^6/_9) + (1 - {}^7/_9) + (1 - {}^8/_9)] \quad (224)$$

V_4 (max) $= + 435$ Ctr. und V_4 (min) $= + 25$ Ctr.

Für diese Verticale ist auch, wie bei dem Fachwerkträger mit parallelen Gurtungen:

$$V_4 = -(Y_3 \,.\, \sin w) = -(Y_3 \,.\, 0{,}756) = -(-576 \,.\, 0{,}756) = + 435 \text{ Ctr.}$$

Die Verticalkraft V_5 ermittelt sich aus der Momentengleichung:

$$0 = V_5 + 142\,[^1/_9 + \ldots {}^4/_9 - (1 - {}^5/_9) - (1 - {}^6/_9) - (1 - {}^7/_9) - (1 - {}^8/_9)] + 176\,(^1/_9 + \ldots {}^4/_9) - 176\,[(1 - {}^5/_9) + (1 - {}^6/_9) + (1 - {}^7/_9) + (1 - {}^8/_9)] \quad (225)$$

Werder in dieser Gleichung sämmtliche Glieder beibehalten, ist der Träger also **vollständig** belastet, so wird $V_5 = 0$. Die Verticale bc, Fig. 232, nimmt bei voller Trägerbelastung daher keine Spannung an. Lässt man aber ein Mal die positive und das andere Mal die negative Gruppe von der mobilen Belastung aus der Gleichung weg, so ergiebt sich:

V_5 (max) $= + 196$ Ctr. und V_5 (min) $= - 196$ Ctr.

Die Spannung Y_4 in der mittleren Diagonalen ab, Fig. 232, muss bei vollständiger Trägerbelastung ebenfalls $= 0$ sein und wird bei schiefer Belastung:

$$Y_4 = -\left(\frac{V_5}{\sin w}\right) = -\left(\pm \frac{196}{0{,}756}\right);$$

daher:

$$Y_4 \text{ (max)} = +259 \text{ Ctr. und } Y_4 \text{ (min)} = -259 \text{ Ctr.}$$

Für die Spannung Y_5 ist:

$$0 = -Y_5 \,.\, \sin w - 142\,[{}^1/_9 + \ldots {}^3/_9 - (1 - {}^4/_9) - (1 - {}^5/_9) - (1 - {}^6/_9) - (1 - {}^7/_9) - (1 - {}^8/_9)]$$
$$-176({}^1/_9 + \ldots {}^3/_9) + 176[(1 - {}^4/_9) + (1 - {}^5/_9) + (1 - {}^6/_9) + (1 - {}^7/_9) + (1 - {}^8/_9)] \quad (226)$$

Y_5 (max) $= +576$ Ctr. und Y_5 (min) $= +33$ Ctr.

In den beiden Endfeldern des Trägers müssen die auftretenden Kräfte gleich sein, da *beide* Constructionstheile in gleicher Weise beansprucht werden, es ist also nach (204):

$$X_1 \text{ (min)} = X_9 \text{ (min)} = -2348 \text{ Ctr.},$$

und nach (202):

$$Z_1 \text{ (max)} = Z_9 \text{ (max)} = +1969 \text{ -}$$

Man erhält als Momentengleichungen, wenn der Schnitt ss, Fig. 230, geführt wird, für die Drehpunkte m, n und o nacheinander:

$$0 = -X_8 \,.\, 3{,}829 - 318\,[({}^1/_9 + \ldots {}^7/_9)\, 8{,}16 + ({}^8/_9 \,.\, 8{,}16 - 4{,}08)] \;.\;.\;. \quad (227)$$

X_8 (min) $= -2372$ Ctr.

$$0 = Z_8 \,.\, 2{,}636 - 318\,({}^1/_9 + \ldots {}^8/_9)\, 4{,}08 \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;. \quad (228)$$

Z_8 (max) $= +1969$ Ctr.

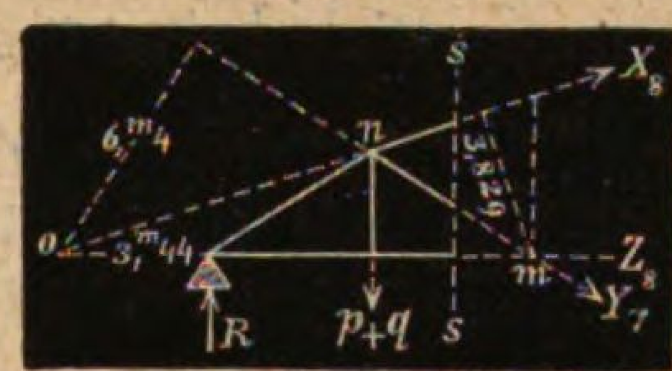
$$0 = -Y_7 \,.\, 6{,}4 + 142\,[({}^1/_9 + \ldots {}^7/_9)\, 3{,}44 - (7{,}52 - {}^8/_9 \,.\, 344)]$$
$$+ 176\,({}^1/_9 + \ldots {}^7/_9)\, 3{,}44 - 176\,(7{,}52 - {}^8/_9 \,.\, 3{,}44) \;.\;.\;. \quad (229)$$

Y_7 (max) $= +434$ Ctr. und Y_7 (min) $= +17$ Ctr.

Der ähnliche Schnitt durch das folgende Trägerfeld ergiebt ebenso die Momentengleichungen:

$$0 = -X_7 \,.\, 4{,}645 - 318\,[({}^1/_9 + \ldots {}^6/_9)\, 12{,}24 + ({}^7/_9 \,.\, 12{,}24 - 4{,}08)$$
$$+ ({}^8/_9 \,.\, 12{,}24 - 8{,}16)] \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\; \quad (230)$$

Fig. 230.



X_7 (min) $= -2514$ Ctr.

$$0 = Z_7 \,.\, 4{,}08 - 318\,[({}^1/_9 + \ldots {}^7/_9)\, 8{,}16 + ({}^8/_9 \,.\, 8{,}16 - 4{,}08)] \quad (231)$$

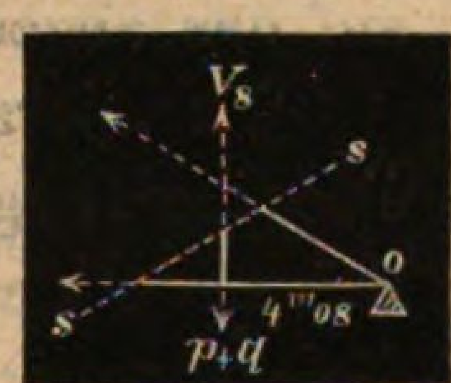
Z_7 (max) $= +2226$ Ctr.

$$0 = -Y_6 \,.\, 21{,}4 + 142\,[({}^1/_9 + \ldots {}^6/_9)\, 18{,}2 - (26{,}36 - {}^7/_9 \,.\, 18{,}2) - (22{,}28 - {}^8/_9 \,.\, 18{,}2)]$$
$$+ 176\,({}^1/_9 + \ldots {}^6/_9)\, 18{,}2 - 176\,[(26{,}36 - {}^7/_9 \,.\, 18{,}2) + (22{,}28 - {}^8/_9 \,.\, 18{,}2)] \quad (232)$$

Y_6 (max) $= +510$ Ctr. und Y_6 (min) $= +10$ Ctr.

Durch den Schnitt ss, Fig. 231, wird die Momentengleichung für die Kraft V_8:

Fig. 231.



$$0 = V_8 \,.\, 4{,}08 - 318 \,.\, 4{,}08 \;.\;.\;.\;.\;.\;. \quad (233)$$

V_8 (max) $= +318$ Ctr.

Für V_7 ergiebt der ähnliche Schnitt durch das nächste Trägerfeld:

$$0 = V_7 \,.\, 11{,}6 + 142\,[({}^1/_9 + \ldots {}^6/_9)\, 3{,}44 - (11{,}6 - {}^7/_9 \,.\, 3{,}44) - (7{,}52 - {}^8/_9 \,.\, 3{,}44)]$$
$$+ 176\,({}^1/_9 + \ldots {}^6/_9)\, 3{,}44 - 176\,[(11{,}6 - {}^7/_9 \,.\, 3{,}44) + (7{,}52 - {}^8/_9 \,.\, 3{,}44)] \quad (234)$$

V_7 (max) $= +269$ Ctr. und V_7 (min) $= -56$ Ctr.

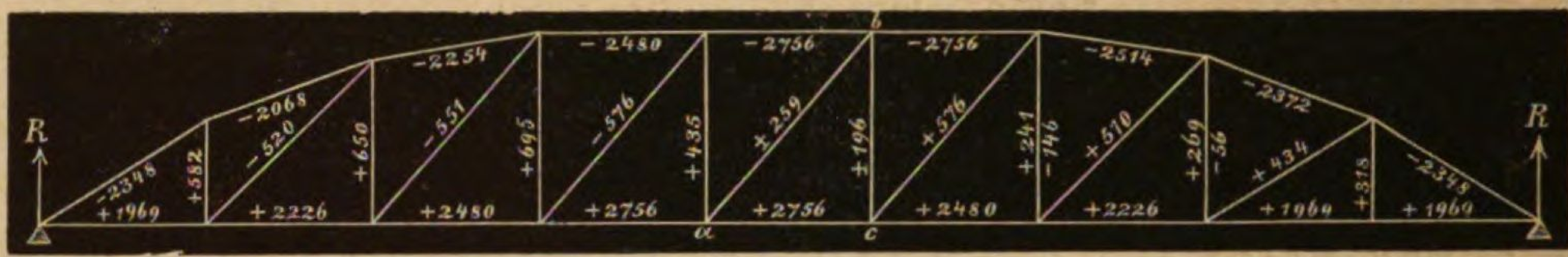
Endlich ist für V_6:

$$0 = V_6 . 30{,}44 + 142[({}^1/_9 + \ldots {}^5/_9)\, 18{,}2 - (30{,}44 - {}^6/_9 . 18{,}2) - (26{,}36 - {}^7/_9 . 18{,}2) - (22{,}28 - {}^8/_9 . 18{,}2)]$$
$$+ 176({}^1/_9 + \ldots {}^5/_9)\, 18{,}2 - 176[(30{,}44 - {}^6/_9 . 18{,}2) + (26{,}36 - {}^7/_9 . 18{,}2) + (22{,}28 - {}^8/_9 . 18{,}2)] \quad (235)$$

V_6 (max) $= +241$ Ctr. und V_6 (min) $= -146$ Ctr.

In Fig. 232 sind die Spannungszahlen eingeschrieben, welche die vorstehende Rechnung ergeben hat.

Fig. 232.



Die Diagonalen in der **linken** Trägerhälfte erleiden nur **Druck-**, diejenigen in der **rechten** Trägerhälfte aber nur **Zug**-Spannung. Eine Ausnahme macht die mittlere Diagonale *ab*, welche sowohl Druck-, wie Zugspannung annimmt, die aber bei vollständiger Belastung des Trägers gar keine Spannung erhält. Wenn nun die Diagonalen in beiden Trägerhälften so angeordnet werden, wie in der rechten Hälfte der Fig. 232, so entsteht der in Fig. 169 dargestellte Träger, dessen Diagonalen nur Zugspannung erhalten, wenn dieselben im mittleren Felde gekreuzt sind. Die Spannungszahlen der rechten Hälfte, Fig. 232, haben dann für beide Trägerhälften Gültigkeit, wie in Fig. 169 eingeschrieben ist. Hierbei hat die Rechnung etwas grössere Werthe ergeben, als Fig. 169 enthält, was darin begründet ist, dass die Hebelarme der Kräfte nur aus der Zeichnung abgemessen wurden, wobei kleine Ungenauigkeiten vorgekommen sein mögen.

Die Form der Gurtung dieses Trägers bestimmt sich nach **J. W. Schwedler***), wenn

l die Spannweite des Trägers,
h die Höhe desselben in der Mitte,
p die permanente Belastung des Trägers } pro Längeneinheit,
q die mobile Nutzlast desselben } pro Längeneinheit,
y die Höhe im Abstande x von einem Auflager (siehe Fig. 221)

bezeichnet, durch die Gleichung:

$$y = \frac{4h}{l^2}\left(p + \frac{q}{2}\right)\frac{x(l-x)}{p + \frac{x}{l}q} \quad \text{. (236)}$$

Der Schwedler'sche Träger erfordert etwas weniger Material als der Parabelträger, namentlich bei grösseren Spannweiten, er hat aber in ästhetischer Beziehung, wegen der nicht continuirlich gekrümmten oberen Gurtung ein nicht vortheilhaftes Ansehen und wird deshalb im Hochbau gewöhnlich der Parabel- oder Sichelträger vorgezogen.

In derselben Weise, wie die Berechnung der Spannungen bei dem **Schwedler**'schen Träger durchgeführt ist, lassen sich auch die Kräfte in den **Parabel-** und **Bogen-Trägern** nach der **Ritter**'schen Methode ermitteln, wenn die Schnitte so geführt werden, dass jeder Schnitt nur **drei** Stangen trifft, wobei man immer für die zu berechnende Kraft den Durchschnittspunkt der beiden mit durchschnittenen Stangen als **Drehpunkt** betrachtet und in Bezug auf diesen die Summe der statischen Momente der angreifenden Kräfte, welche auf das abgeschnittene Stück einwirken, gleich Null setzt.

Für parabolische Träger setzt man bei der Berechnung der Spannungen ebenfalls einfache Diagonalen voraus, dann werden diese sowohl wie die Verticalen bei **schiefer** Belastung des Trägers wechselweise auf Zug und Druck in Anspruch genommen. Sind die Spannungszahlen eines solchen Trägers berechnet und in die Zeichnung eingeschrieben, so braucht man nur, wenn gekreuzte Diagonalen vorhanden sein sollen, für jedes Feld die fehlende Diagonale von dem betreffenden Felde des **entgegengesetzten** Trägerendes her mit der Spannungszahl herübergelegt zu denken. Wenn die gekrümmte Gurtung nach unten gekehrt ist und die Diagonalen als Anker construirt sind, so können die Verticalen nur Druckspannung annehmen; sind aber die Diagonalen als Streben ausgeführt, so werden die Verticalen sowohl gezogen wie gedrückt, indem sie die Belastung jedes Knotenpunktes

*) Vergl. Deutsche Bauzeitung, Jahrg. I. No. 26.

auf die untere Gurtung zu übertragen haben und daher einen Druck gleich dieser Belastung erleiden.

Ist die parabolisch gekrümmte Gurtung nach oben gerichtet, während die Last in den Knotenpunkten der unteren Gurtung angreift und sind gekreuzte Anker vorhanden, so kommt in den Verticalen die Belastung eines Knotenpunktes als grösste Zugkraft vor, dagegen ist die grösste Druckspannung in jeder Verticalen gleich derjenigen, welche durch Rechnung für die des Trägers mit einfachen Diagonalen gefunden wurde. Hat der Träger aber gekreuzte Streben, so ist die grösste Zugspannung der Verticalen eben so gross wie die berechnete bei dem Träger mit einfachen Diagonalen, und kommt eine Druckspannung in diesem Falle in den Verticalen nicht vor.

Einfache Diagonalen genügen, wenn die Last in beiden Hälften des Parabelträgers gleichförmig vertheilt ist und wenn eine schiefe Belastung nicht vorkommt; Druckspannung erhalten dann die nach dem Schema *C* Fig. 219, Zugspannung dagegen die nach dem Schema *D* angenordneten Diagonalen.

In den Gurtungen treten die stärksten Spannungen bei vollständiger Belastung des Trägers ein; sie sind in allen Feldern der geraden Gurtung gleich gross, in der parabolisch gekrümmten Gurtung aber werden sie von der Mitte aus nach den Auflagern zu etwas grösser. Treten in den Gurtungen die stärksten Spannungen ein, so sind die Spannungen in den Diagonalen gleich Null.

Die Sichel- und Bogenträger werden bei den Dachconstructionen eingehender behandelt werden.

Aus den Spannungszahlen, die für eine bestimmte Trägerform einmal berechnet sind, lassen sich die Spannungszahlen anderer Träger ableiten, wenn dieselben nur andere Dimensionen haben, deren Form sonst aber der ersteren **geometrisch ähnlich** ist, indem bei der Berechnung der Spannungen nicht die absoluten Längen der Hebelarme, sondern nur das Verhältniss derselben zu einander von Einfluss war. Die permanente und mobile Last behält bei Vergrösserung oder Verkleinerung der Spannweite eines Trägers nicht dasselbe Verhältniss, sondern bei grösserer Spannweite wächst die permanente Last rascher als die mobile; denkt man daher jede Spannungszahl in zwei Theile zerlegt, wovon der eine Theil durch die permanente Belastung p, der andere aber durch die mobile q jedes Lastpunktes hervorgerufen wird und bezeichnet mit P und Q dieselben Belastungen des neuen Trägers, so ist der erstere Theil der Spannung mit der Verhältnisszahl $\frac{P}{p}$, der andere mit $\frac{Q}{q}$ zu multipliciren und beide zusammen geben die betreffende Spannung des neuen Trägers.

In Bezug auf den Einfluss der permanenten und mobilen Last unterscheiden sich die Constructionstheile eines Trägers in drei Classen:

1) in solche, deren Spannung nur von der mobilen Last q abhängt,
2) in solche, deren Spannung nur von der Totallast $(p + q)$ abhängig ist, und
3) in diejenigen, bei denen p und q in besonderer Weise Einfluss haben.

Die Spannungszahlen für die letzteren Constructionstheile ergeben sich, wenn man die von der permanenten Last bewirkte Spannung mit $\frac{P}{p}$, die von der mobilen Last bewirkte mit $\frac{Q}{q}$ multiplicirt und dann beide Theile addirt; sie erfordern daher eine neue Berechnung.

Bei den Fachwerkträgern mit parallelen Gurtungen kommen Constructionstheile der Klasse 1) nicht vor. Zur Klasse 2) gehören die Gurtungen, dagegen zur Klasse 3) die Verticalen und Diagonalen. Von den Constructionstheilen der parabolischen Träger gehören zur Klasse 1) die Diagonalen, zur Klasse 2) die Gurtungen und zur Klasse 3) die Verticalen.

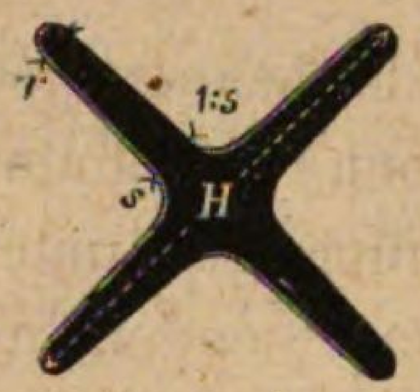
V. Säulen.

§. 66. Säulen aus Eisen als reine Constructionsglieder.

Das Schmiedeeisen eignet sich in Bezug auf seine Natur und auf die technische Behandlung, welcher es bei der Herstellung unterworfen ist, nicht zur Construction der Säulen (freistehende Stützen), da man demselben nicht leicht die Querschnittformen geben kann, welche für die Druckfestigkeit die zweckmässigsten sind, und da ausserdem das Material zu kostspielig ist. Das Gusseisen dagegen ist ein vortreffliches Constructionsmaterial für Säulen, indem es eine ausserordentliche Beweglichkeit und leichte Formung zulässt, wodurch es möglich wird, ihm in bequemer Weise jede beliebige Gestalt zu geben, wobei noch der Vortheil hinzutritt, dass das Gusseisen eine ausserordentlich grosse rückwirkende Festigkeit besitzt.

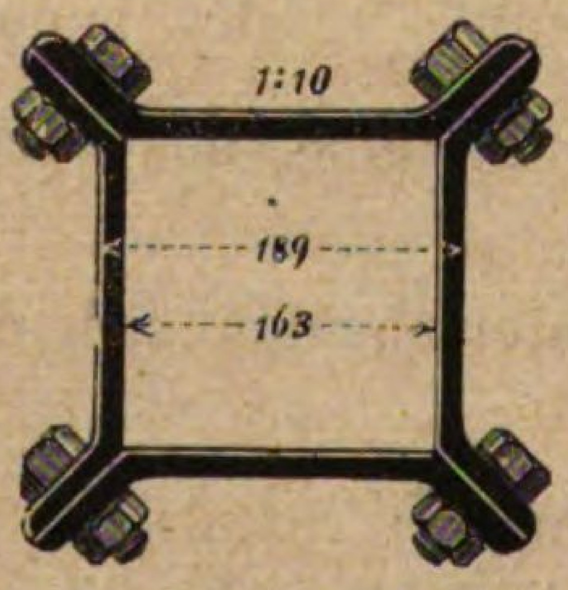
Nur Stützen und Streben, welche Stössen und Erschütterungen ausgesetzt sind, werden der grösseren Elasticität wegen aus Schmiedeeisen construirt, und zwingt in solchen Fällen die Kostspieligkeit des Materials, den constructiven Zwecken mit dem geringsten Materialaufwande zu genügen. Als günstigste Querschnittform, die, in Bezug auf das Einknicken, solchen Stützen durch den Walzprozess zu geben ist, kann die in Fig. 233 angedeutete Kreuzform betrachtet werden. Die **Burbacher-Hütte** bei Saarbrücken liefert dieses Kreuzeisen in fünf verschiedenen Kalibern, bei denen die Dimensionen $s = 12$ Millim und $r = 9$ Millim. für alle Profile constant sind. Die Höhe H in Millim. und die Gewichte g pro laufenden Meter in Kilogr. der Profile sind nach einander: $H = 78$, $g = 11{,}3$; $H = 91$, $g = 13{,}5$; $H = 104$, $g = 15{,}0$; $H = 117$, $g = 16{,}8$; $H = 130$, $g = 18{,}5$.

Fig. 233.



Andere weniger günstige Querschnittformen, die in einem Stück für Stützen und Streben gewalzt werden, sind die I- und E-Eisen, welche nicht nach den beiden Querschnittsdimensionen gleiche Trägheitsmomente besitzen und daher nach der kleineren Abmessung leichter einknicken. Ein aus vier Theilen zusammengeschraubtes ebenfalls von dem oben genannten Hüttenwerke gewalztes Profil zeigt Fig. 234; derartige Stützen kommen jedoch im Hochbau sehr selten zur Anwendung, wesshalb auch keine Walzen für verschiedene Kaliber vorräthig gehalten werden. Schmiedeeiserne Säulen kann man auch zweckmässig aus zwei Stück E-Eisen, die durch zwei auf die kurzen Schenkel genietete oder geschraubte Flacheisen in Verbindung gebracht sind, ausführen, wodurch ein rechteckiger kastenförmiger Querschnitt entsteht.

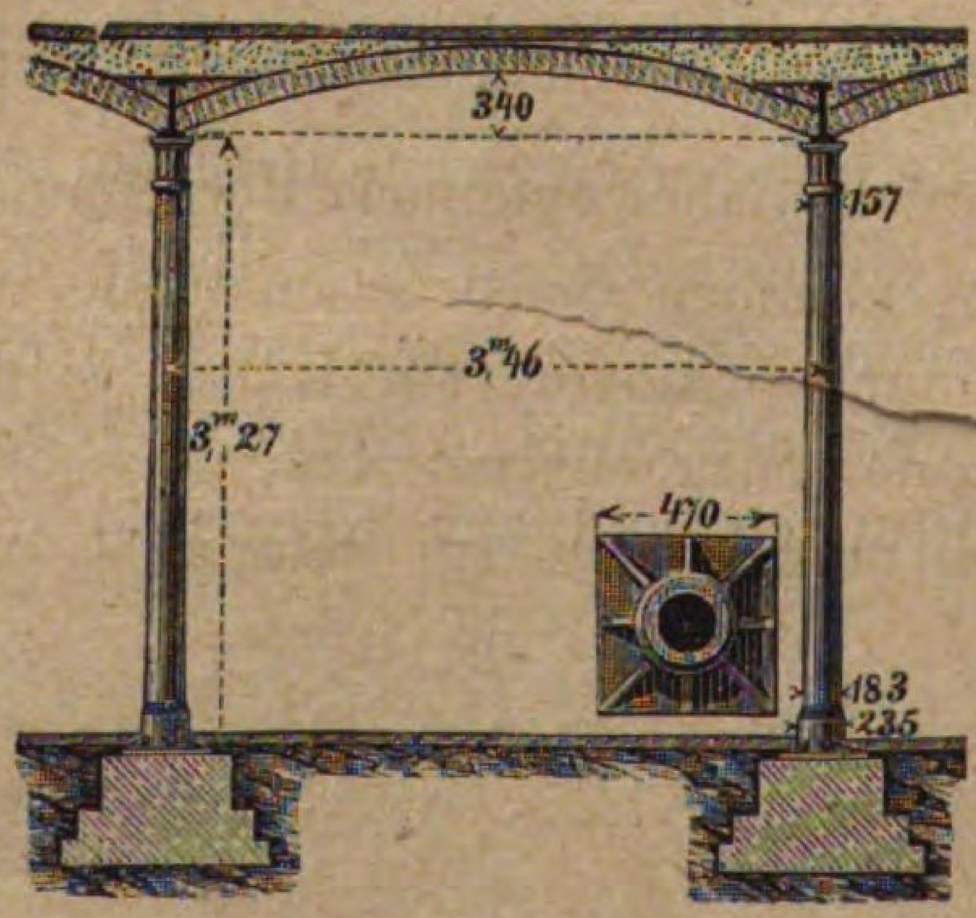
Fig. 234.



Säulen aus Gusseisen kommen im Hochbau sehr oft vor und soll die Construction derselben hier ausführlicher behandelt werden.

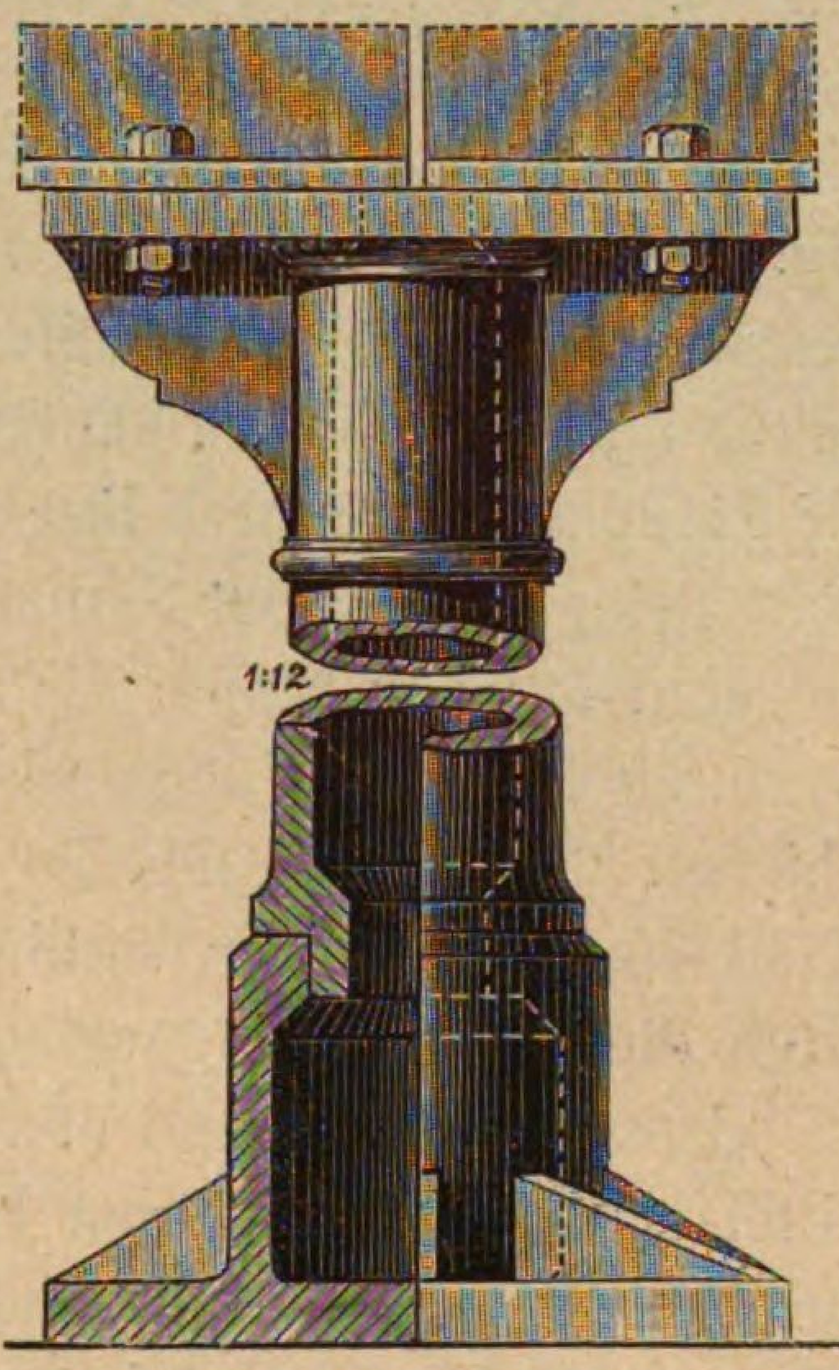
In Fig. 235 sind die Säulen für die Einwölbung des Kellers unter dem Treppenhause der Villa **Krupp** dargestellt. Dieselben stehen in der Längenrichtung der als Widerlager dienenden 314 Millim. hohen gewaltzten Träger in einer Entfernung von 5,65 Meter von Mitte zu Mitte, während die andere Entfernung 3,46 Meter beträgt. Diese Säulen haben die Last des Fussbodens und der Kappen, sowie die Last der darüber liegenden Treppe auf die Fundamente zu übertragen; es kommt also darauf an, dem Kopfe der Säule eine solche Form zu geben, dass die Träger genügendes Auflager finden, den Fuss derselben aber so zu gestalten, dass er den Säulendruck auf eine Fläche vertheilt, die gross genug ist, eine Ueberlastung des unterliegenden Fundamentmaterials zu verhüten. Der Säulenschaft muss dabei

Fig. 235.



eine Querschnittform und Fläche besitzen, die ein Einknicken desselben nicht gestattet. Wie diesen Bedingungen für die Ausführung zweckmässig Genüge zu leisten ist, zeigt die vom Verfasser construirte Säule, Fig. 236, welche ein Detail zu Fig. 235 ist. Der ringförmige Querschnitt ist öconomisch sowohl wie auch in Bezug auf die technische Ausführung am vortheilhaftesten für gusseiserne Säulen geeignet: man findet denselben daher fast allgemein angewendet. Selten werden solche Säulen in einem Stücke gegossen, da es für die Ausführung und Aufstellung derselben leichter ist, wenn Kopf, Schaft und Fuss getheilt angefertigt werden. Die Stellen, wo diese Theile in einander greifen, sind abgedreht, damit die Last sich auf die ganze ringförmige Fläche gleichmässig vertheilt; oft wird aber noch zwischen die abgedrehten gedrückten Flächen ein Ring aus starkem Papier oder aus Glanzpappe gelegt, wodurch eine noch gleichförmigere Druckvertheilung erzielt wird, indem sich das Papier zusammenpresst und so alle Unebenheiten ausfüllt. Bei der Säule Fig. 236 ist der Kop und Schaft in einem Stücke gegossen, was leicht auszuführen war, da der Kern durch die ganze Säule hindurch gehen konnte und dabei das Modell sich gut formen liess. Die Kopfplatte, worauf die schmiedeeisernen Träger mittelst Schrauben befestigt sind, wird an jeder Seite von einer 2,5 Centim. starken Verticalrippe unterstützt; diese übertragen den Trägerdruck auf den Säulenschaft und verhindern das Abbrechen der Kopfplatte. Der Grundriss des Säulenfusses ist in Fig. 235 eingezeichnet, während Fig. 236 halb den Längenschnitt und halb die Ansicht desselben zeigt. An der Stelle, wo der Schaft in den Säulenfuss eingreift, ist die Wand des letzteren nach Innen etwas verstärkt und ist dieser Theil ausgedreht. Auch die abgedrehte Berührungsfläche zwischen Schaft nnd Fuss ist etwas grösser gehalten als die eigentliche Querschnittfläche des Schaftes, damit die erstere geringer beansprucht werde. Zur Verstärkung der unteren Fussplatte, die den Säulendruck auf eine genügend grosse Fläche des Fundamentes überträgt, dienen acht angegossene schräge Verticalrippen, wie aus dem Grundrisse des Fusses in Fig. 235 zu ersehen ist.

Fig. 236.



Als Grundlage zur Berechnung der Säulen kann man für die Beanspruchung der Materialien folgende Zahlenwerthe annehmen. Der Querschnitt des gusseisernen Säulenschaftes darf mit 700 bis 900 Kilogr. pro □Centim. beansprucht werden, wenn seine Länge nicht grösser als der 15fache äussere Durchmesser ist, sonst sind die Regeln des §. 44. S. 51 zu beachten. Das Fundament, aus Ziegelsteinen in gutem Kalkmörtel, darf mit 5 bis 7 Kilogr. pro □Centim., aus guten Ziegelsteinen in gutem Cementmörtel mit 10 bis 14 Kilogr. pro □Centim. belastet werden. Die Belastung guten Baugrundes darf höchstens 35000 Kilogr. pro □Meter betragen. Bei Bestimmung des Gewichtes der Gewölbe ist der Cubikmeter Mauerwerk mit 1600 Kilogr. in Rechnung zu ziehen.

Fig. 237.

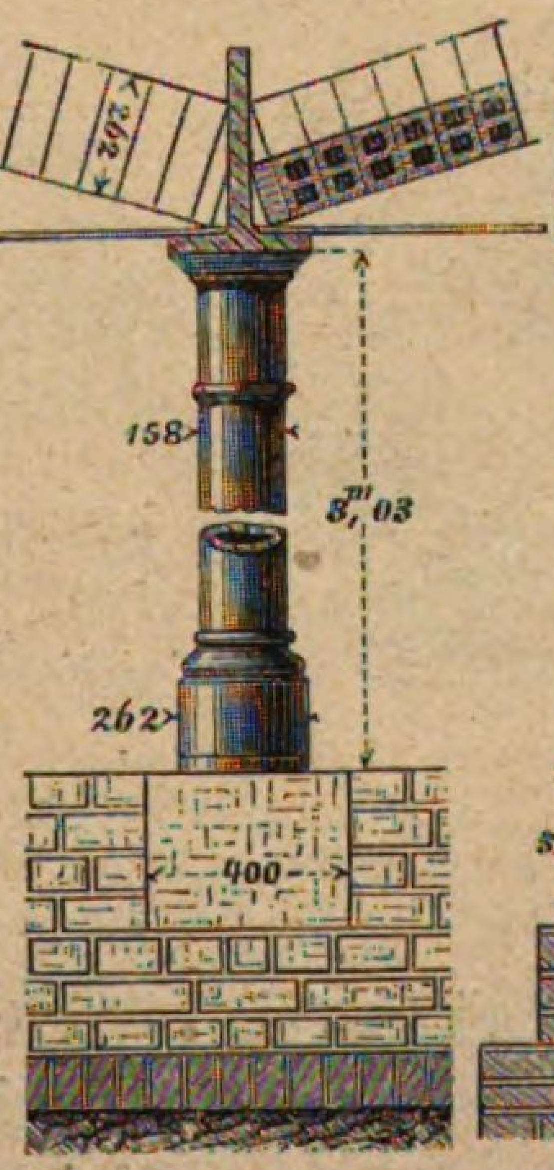
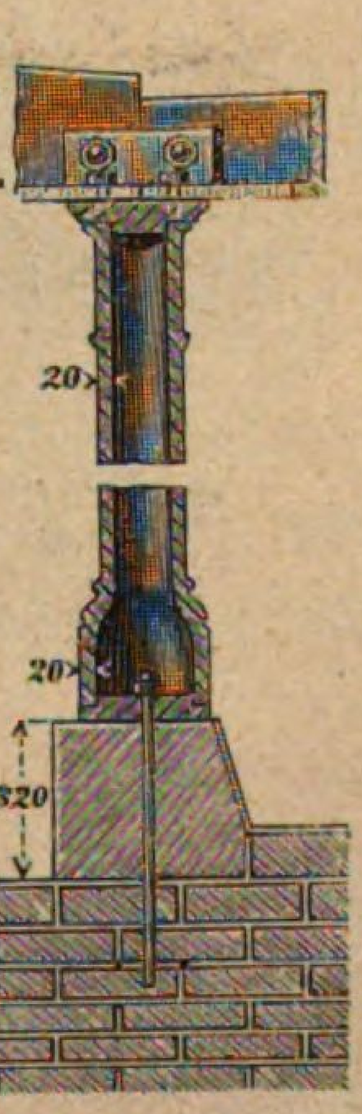


Fig. 238.



In Fig. 237 ist eine gusseiserne Säule in der Ansicht und in Fig. 238 im Längenschnitte dargestellt. Diese Säulen tragen die aus Hohlsteinen gewölbte Decke eines Kuhstalles der Domaine zu **Proskau** *) und sind die preussischen Kappen

*) Vergl. Sammlung ländlicher Bauausführungen von Friedr. Engel. 11. Liefer. Verlag von Ernst u. Korn in Berlin.

$^1/_2$ Stein, die Verstärkungsgurte 1 Stein stark. Die Kappen haben 3,77 Meter Spannweite bei 0,366 Meter Pfeilhöhe und sind die Säulen in der Längenrichtung der Kappen 6,02 Meter von Mitte zu Mitte entfernt. Als Widerlager dienen gusseiserne ⊥-Träger nach der Form Fig. 58, die in der Mitte 42 Centim., an der Enden 23,5 Centim. Höhe haben, wobei die Breite der unteren Flantsche 28 Centim. und deren Stärke 4,3 Centim. beträgt. Die verticale Stehrippe hat ebenfalls 4,3 Centim. Stärke; zu ihrer festen Verbindung mit der horizontalen Flantsche dienen schräge Rippen von 15,7 Centim. Höhe. Die Säulen sind in drei Theilen gegossen, wovon der unterste Theil, die Fussplatte, Fig. 238, auf einem Quader ruht, der den Säulendruck auf das aus Backstein-Mauerwerk bestehende Fundament vertheilt; Quader, Fussplatte und Backstein-Mauerwerk sind durch einen Anker mit einander verbunden. Der Säulenschaft greift über einen abgedrehten Vorsprung der Fussplatte, wodurch ihre lothrechte Stellung fixirt ist, wenn vorher die Fussplatte wagerecht gelegt war. Der Säulenkopf hat einen kurzen Zapfen, der in dem Schaft eingepasst ist und sind an dem Kopfe die mittelst Laschen verbundenen Träger mit Schrauben befestigt; hierdurch ist in der Längenrichtung der Träger eine feste Verbindung hergestellt. Ein Verschieben der Träger beim Einwölben der Kappen, oder durch den Schub derselben, wird durch schmiedeeiserne Anker verhindert, die durch das ganze Gebäude gezogen sind und welche durch die in Fig. 112 gegebenen Ankerplatten von den Umfassungsmauern gehalten werden.

Grosse Kellerräume etc. werden in der Regel in der Weise überwölbt, dass man mittelst Säulenstellung den Raum durch Gurtbogen in kleinere Felder theilt und zwischen diese, Kreuzgewölbe oder böhmische Kappen spannt. Ein solches Beispiel, wie es unter dem grossen **Börsensaal** in **Berlin** ausgeführt ist, zeigt Fig. 239 im Grundrisse und Fig. 240 im Querschnitte. Die quadratischen Felder dieses Raumes sind 2,96 Meter im lichten weit, wobei die Gurtbogen, welche von Säule zu Säule gespannt sind, 42 Centim. $= 1^1/_2$ Stein Breite und Stärke haben, bei einer Pfeilhöhe von ca. 22 Centim. Die zwischen diese Gurtbogen gespannten böhmischen Kappen sind im Scheitel $^1/_2$ Stein, werden aber nach den Gurtbogen zu 1 Stein stark. Bei einer Entfernung von 3,38 Meter von Mitte zu Mitte haben die gusseisernen Säulen einen oberen Schaft-Durchmesser von 11,8 Centim., und sind die Wandungen am Kopf und Fuss der Säule bogenförmig ausgezogen.

Fig. 239.

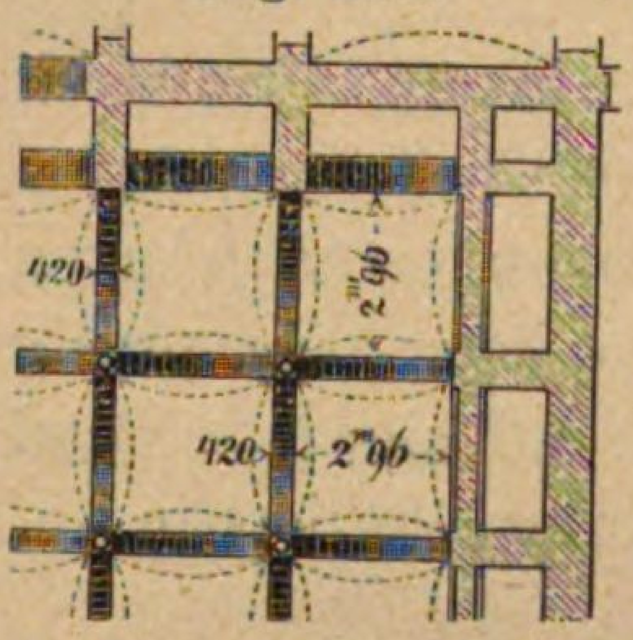
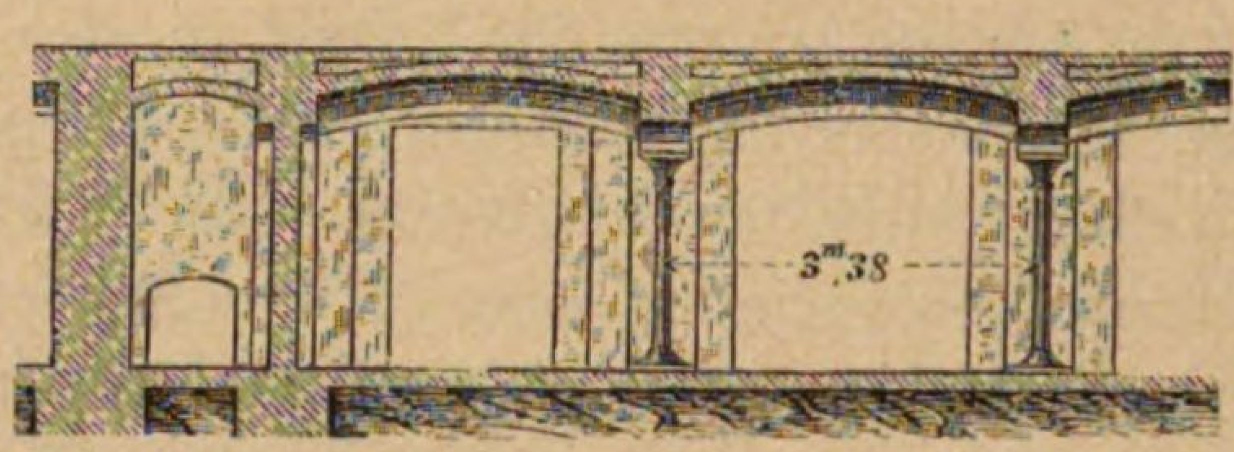


Fig. 240.



Der Kämpfer für die vier Gurtbogenanfänge ruht mit der Fläche a auf der Kopfplatte der Säule, er besteht aus Cementgussstein, seine Form ist in Fig. 241 dargestellt. In manchen Fällen werden diese Kämpfer auch aus Gusseisen ausgeführt mit Wandungen von ca. 2 bis 2,5 Centim. Stärke. Ist die Säule durch mehrere Geschosse zu führen und kommen in dem untern Geschosse solche gusseiserne Kämpfer für Gurtbogen vor, so können sie nach Fig. 242 auf die abgedrehte Säule aufgeschoben werden, wobei sie sich auf einen Bund und auf die Tragrippen a legen. Diese Anordnung ist zweckmässiger als diejenige, wo der Kämpfer an der Säule angegossen ist, indem die Wandung der letzteren gleichmässiger ausgeführt werden kann.

Fig. 241.

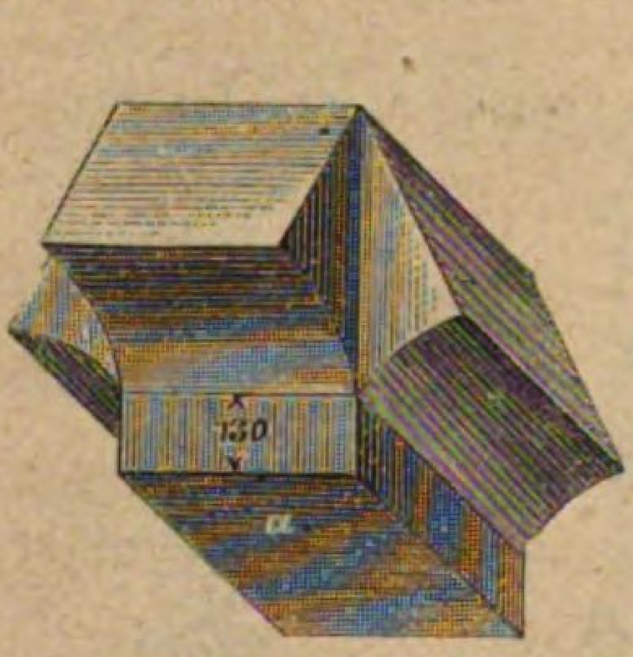


Fig. 242.

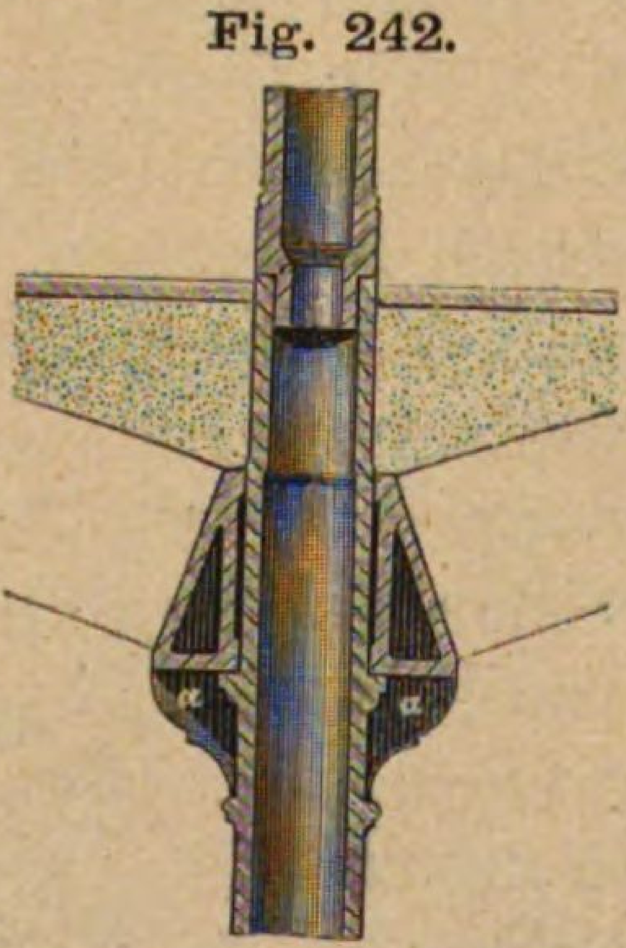
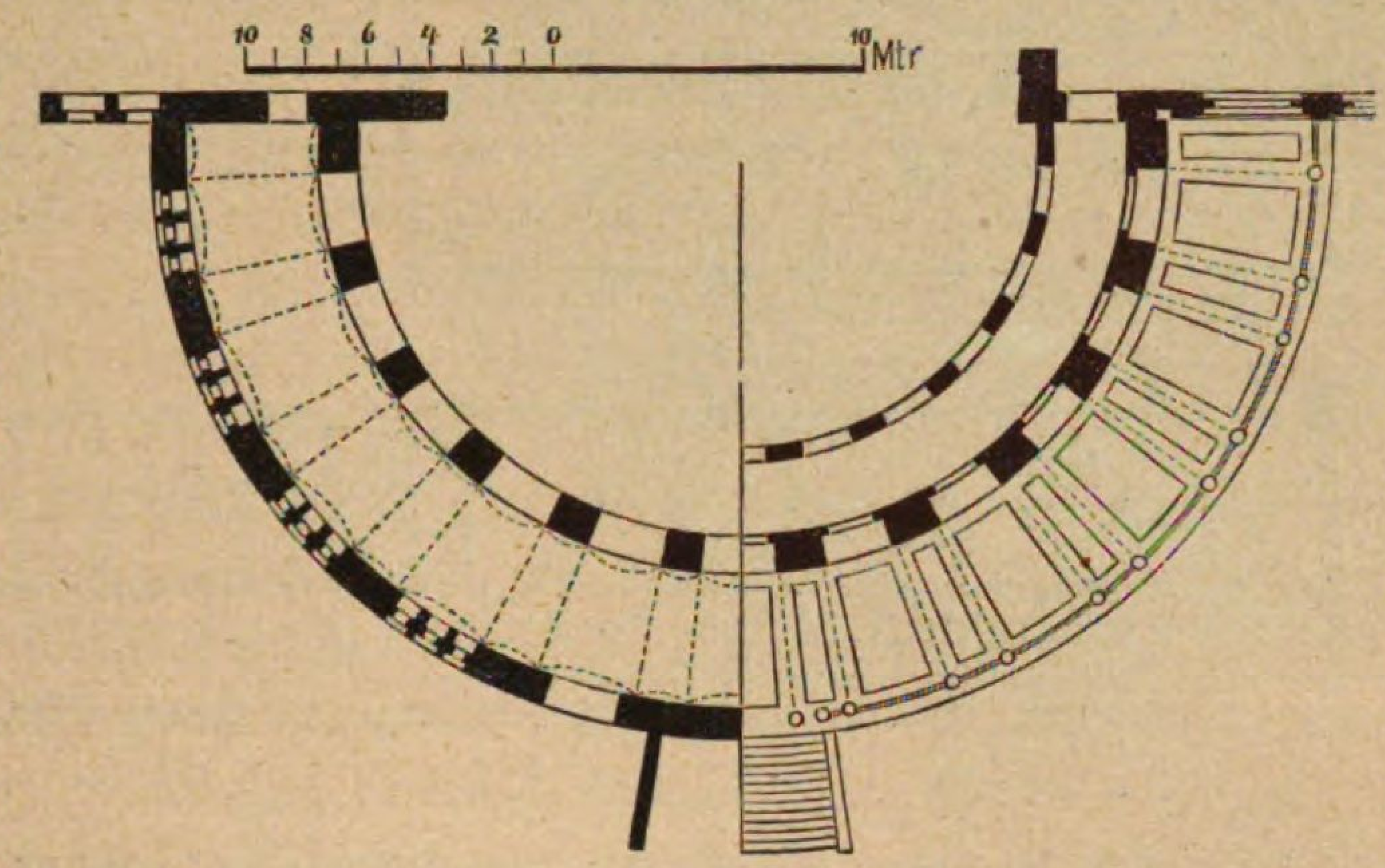


Fig. 243 stellt den Grundriss eines Rundbaues vom **Victoria-Theater** zu **Berlin** dar, dessen eingewölbter Balcon von gusseisernen Säulen getragen wird. Unter dem Perron

befindet sich die Restauration des Theaters. Auf der Kopfplatte der Säulen, deren Längenschnitt Fig. 244 zeigt, liegen die Rahmenstücke des Balcons und auf diesen die mit einem viereckigen Kopf versehenen ⊥-förmigen gusseisernen Träger, welche als Widerlager für die Gewölbekappen dienen. Der Kopf dieses Trägers passt mit seinem unteren Theil auf dem Zapfen der Säule, in seinem oberen Theil ist aber ringsum 2 Centim. Spielraum, der von dem Zapfen des darüber stehenden Candelabers ausgefüllt wird; der letztere ist vermittelst eines Stiftes mit dem Säulenzapfen verbunden.

Fig. 243.



Zwischen den 22 Säulen des ganzen Rundbaues, Fig. 243, kommen 11 grosse und 12 kleine $^1/_2$ Stein starke Kappen vor, von denen die grösseren 18,3 Centim., die kleineren aber nur 13 Centim. Pfeilhöhe haben. Sämmtliche Kappen sind in gutem Cementmörtel auf dem »Schwalbenschwanz« eingewölbt, wobei die Balken in ihrer Mitte eine Absteifung erhielten, um ein Ausbiegen derselben zu verhindern, indem jedesmal nur vier Gewölbe gleichzeitig ausgeführt wurden. Die gusseisernen äusseren Rahmstücke des Rundbaues reichen von einer Säule zur anderen; sie haben also auf den Säulen die Stossverbindungen.

Fig. 244.

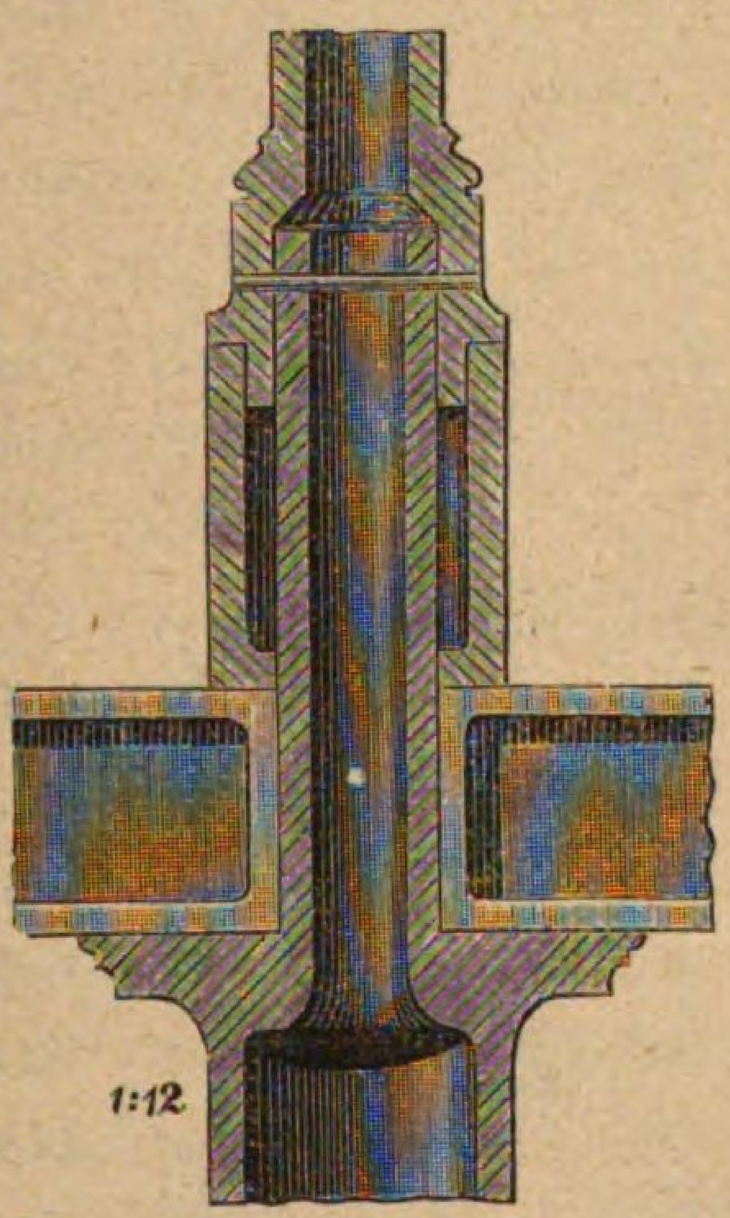
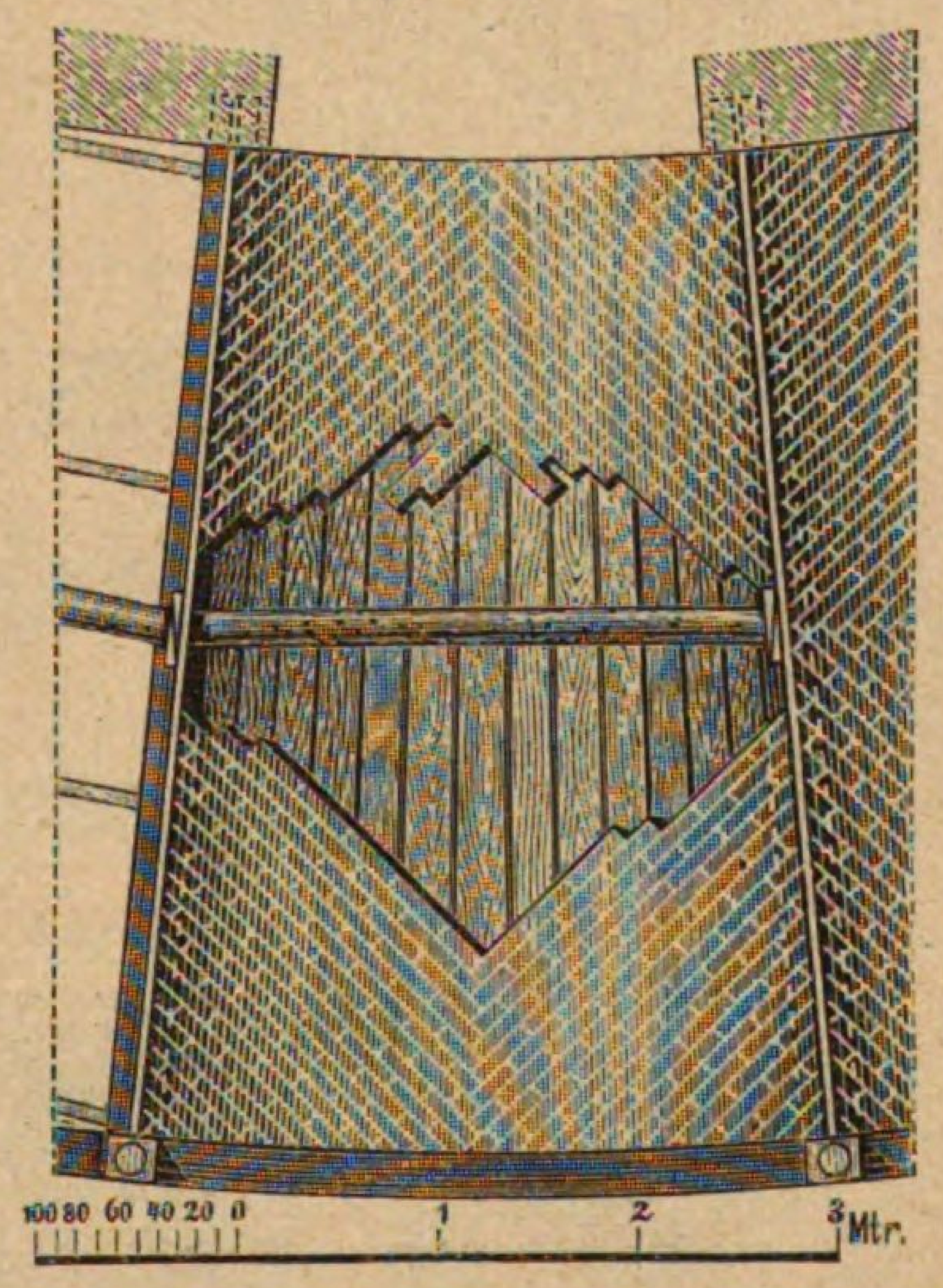


Fig. 245.



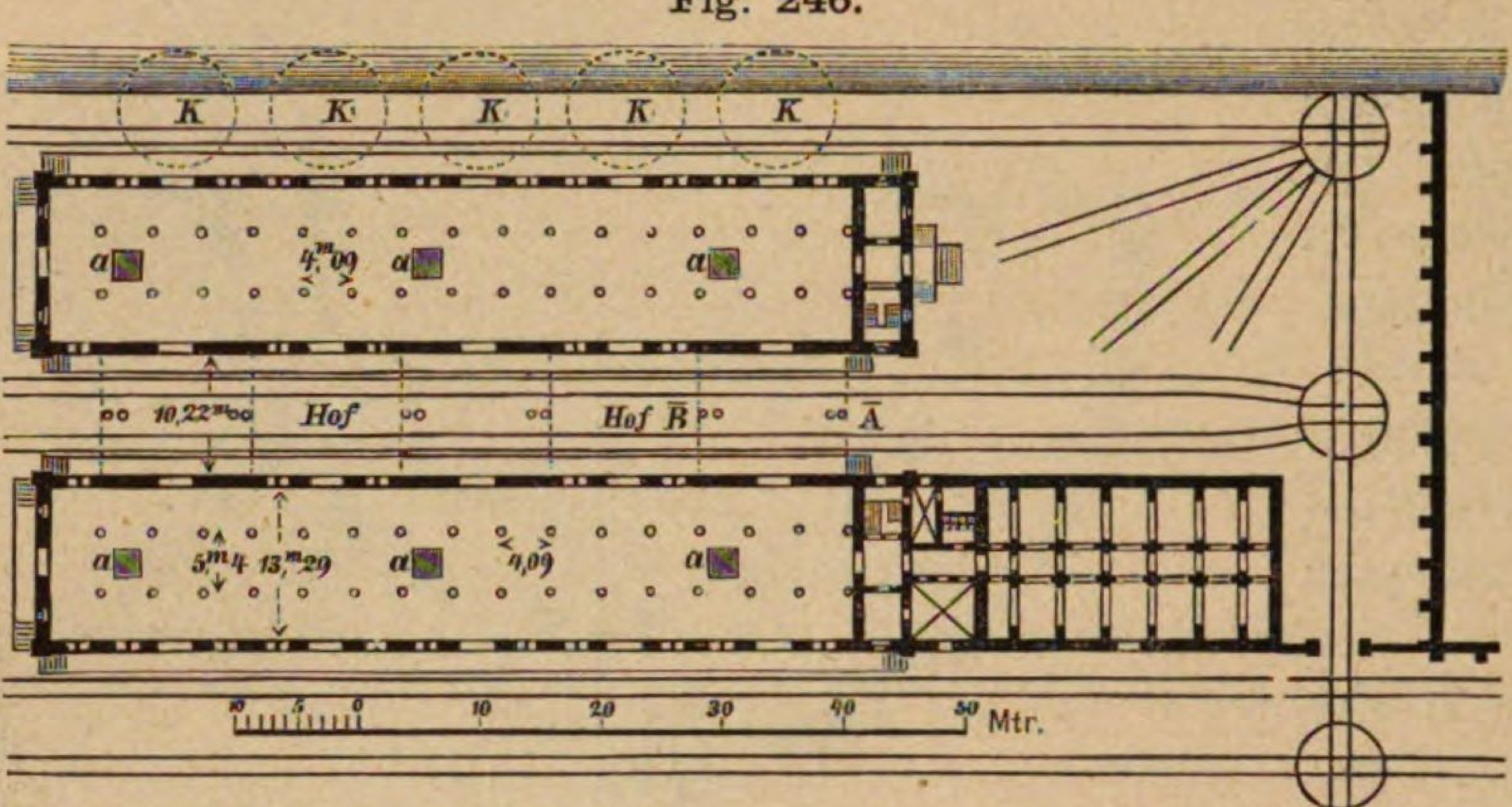
Die in den Jahren 1855 bis 1857 erbaute **steuerfreie Niederlage** in Harburg*) zeigt organisch durchgebildete auf einander stehende gusseiserne Säulen, die bei Lagerhäusern als Vorbild dienen können. Die Anlage ist in Fig. 246 im Grundrisse dargestellt und besteht dieselbe aus zwei mit einander parallel laufenden Niederlagsgebäuden, die durch drei Zwischenbauten, welche zwei Höfe einschliessen, mit einander verbunden sind. Diese Zwischenbauten werden von gusseisernen Säulen getragen, wodurch ermöglicht wurde, dass zwei Eisenbahngeleise darunter hergeführt werden konnten. An dem Ende des einen Lagerhauses schliesst sich das Verwaltungsgebäude an. Um die Güter einfach und billig in die Niederlage und aus derselben führen zu können, ist das eine Lagerhaus an einem mit der Elbe in Verbindung stehenden schiffbaren Kanal situirt, so dass die Schiffe durch fünf hydraulische Krähne *K* entleert oder befrachtet werden. Im Inneren der Lagerhäuser befördern die sechs hydraulischen Aufzüge *a* die Güter in die verschiedenen Stockwerke.

Die Tiefe der Lagerhäuser ist durch zwei Säulenreihen in drei Fächer getheilt, so dass das mittlere Fach 5,4 Meter von Mitte zu Mitte der Säulen hat, während die Seitenfächer von Mitte der Säulen bis zur Mauer nur 3,945 Meter messen; dies ist darin

*) Extra-Abdruck aus der Zeitschrift des Archit.- und Ingenieur-Vereins in Hannover. Herausgegeben von C. Köpke und G. Welkner. Verlag von C. Rümpler in Hannover.

begründet, dass die Seitenfächer mehr belastet werden, indem für das Mittelfach ein Gang von ca. 1,4 Meter frei bleiben muss; ausserdem aber ist es für einen Balken über vier Stützen, nach §. 43. S. 49, zweckmässig, die mittlere Oeffnung etwas grösser zu halten.

Fig. 246.



Aus Fig. 247, dem Querschnitte eines Zwischenbaues nach der Linie *AB* Fig. 246, sind die Balkenlagen der verschiedenen Etagen, sowie die Stellungen der sie unterstützenden gusseisernen Säulen zu ersehen. Die Säulenenden sind an den Stellen, wo sie zusammenstossen, sauber abgedreht und ist zwischen je zwei Stossflächen ein Ring, aus zwei Lagen dünner Glanzpappe bestehend, gelegt worden, damit der Druck auf die ganze Stossfläche gleichmässig vertheilt wird. Die Durchlochungen der Sattelhölzer und Träger, wo die Säulen hindurch gehen, sind in der Längenrichtung des Trägers etwas grösser gemacht als der Durchmesser des Obertheiles der Säule, weil bei Belastung der Träger an nur einer Seite der Säule diese durch die Biegung des Trägers sonst auch auf Biegung beansprucht werden könnte. Kopfbänder sind aus diesem Grunde bei stark belasteten gusseisernen Säulen in den Fällen, wo einseitige Belastung der Träger eintreten kann, jedenfalls verwerflich, da sie die Säule in sehr nachtheiliger Weise biegen würden.

Fig. 247.

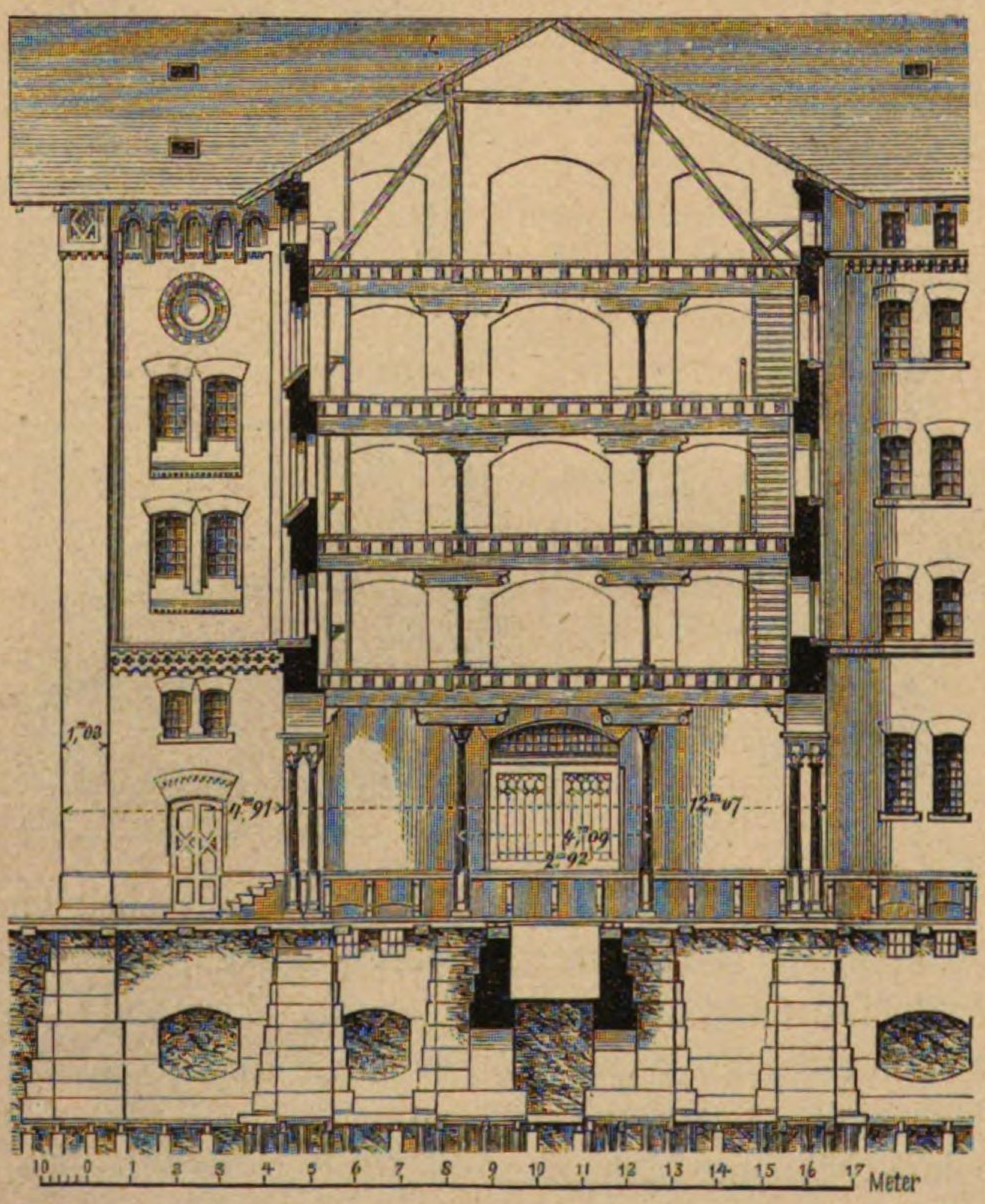


Fig. 248 giebt die Stellung der Säulen über einander vom Fundament bis zum Dachgeschoss, sowie die Träger und Balkenlagen. Die Balken liegen durchschnittlich in Entfernungen von 58,4 Centim. von Mitte zu Mitte, und sind nur die den Säulen zunächst liegenden höheren zwei Binderbalken mit den Trägern 1,2 Centim. überkämmt, während die übrigen Balken mit den Trägern nicht überschnitten sind. In den unteren Geschossen haben die Balken eine Stärke von 34 bei 17 Centim., im Dachgeschosse von 31,6 bei 12,2 Centim. Die 34 Centim. breiten Träger werden von ebenso breiten 2,04 Meter langen Sattelhölzern unterstützt; diese sind mit den Trägern verdübbelt und durch 2,4 Centim. starke Schrauben zusammengehalten. Bei Berechnung der Balkenlagen wurde für das untere Geschoss eine Belastung von 47 Ctr., für das Dachgeschoss eine solche von 30 Ctr. pro □Meter zu Grunde gelegt, bei 10facher Sicherheit gegen Bruch.

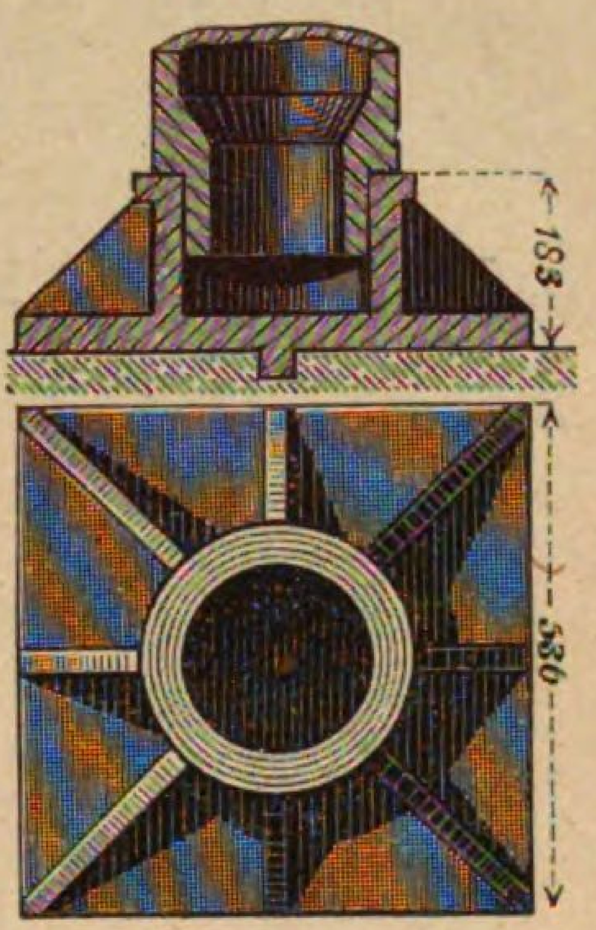
Die Säulen, Fig. 248, wurden nach der von **Hodgkinson** auf Grund seiner Versuche aufgestellten empirischen Formel*) berechnet, doch sind die dadurch gefundenen Dimensionen auf etwas stärkere Maasse abgerundet, indem die Eisenstärken nicht so genau zu giessen sind, da die Kerne sich leicht etwas biegen können und nicht so sorgfältig ausgeführt werden, dass die Wände überall gleich dick ausfallen.

Fig. 248.



Die nachfolgende Tabelle IX enthält die Daten über die Belastungen und Dimensionen der Säulen sowie deren Gewicht. Vom Fusse bis zur Mitte der Höhe sind die Säulen cylindrisch und von hier bis zur Kopfplatte geradlinig conisch, weil sie oben durch die Biegung weniger in Anspruch genommen werden. Diese Form macht auf das Auge den Eindruck, als ob der Schaftdurchmesser von unten bis oben allmälig abnähme. Die auf einem Quader ruhende Fussplatte dieser Säulen ist in Fig. 249 im Längenschnitte und im Grundrisse wiedergegeben; unterhalb derselben ist ein kurzer Zapfen angebracht, der in den Stein eingreift und dadurch der Fussplatte eine unverrückbare Stellung giebt.

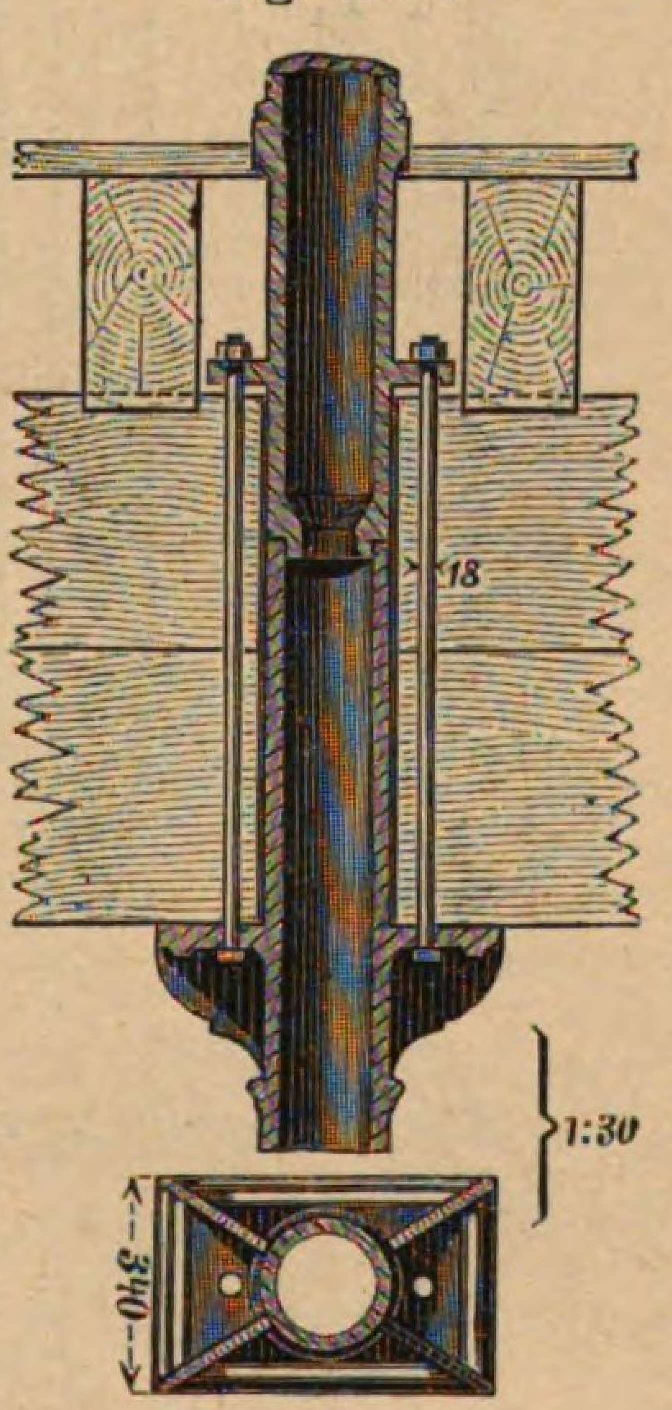
Fig. 249.



Der Längenschnitt einer Stossverbindung und die untere Ansicht der Kopfplatte der Säulen ist in Fig. 250 dargestellt; zwei Schrauben von 1,8 Centim. Durchmesser bewirken die Verbindung je zweier Säulen.

Sämmtliche Säulen mussten contractlich von dem Lieferanten auf dem Bauplatze mit einer hydraulischen Presse probirt werden und zwar mit einer etwas grösseren Pressung, als dieselben in Wirklichkeit auszuhalten haben. Für die probirten Säulen wurden dem Unternehmer pro 100 Kilogr. 24 Mark gezahlt und für die schmiedeeisernen Verbindungsschrauben pro 100 Kilogr. 66,3 Mark. Eine complette Säule durch alle vier Geschosse, incl. Schraubenbolzen, aber excl. Fussplatte, kostete 357 Mark.

Fig. 250.



Durch ausführliche vergleichende Rechnung weist **Köpke** nach, dass hölzerne Säulen, bei einem geringeren Sicherheitsgrade gegen Bruch, sich nur etwa 23 % billiger gestellt haben würden als die eisernen, dabei würde jede hölzerne Säule einen Querschnitt von nahe 0,5 □Meter erfordert haben, wodurch die Unzweckmässigkeit der hölzernen Säulen in stark belasteten Lagerhäusern hervorgehoben wird.

Die gekuppelten Säulen, welche die Mauern der Zwischenbauten tragen, zeigt Fig. 251 in der Ansicht und Fig. 252 im Längenschnitte. Jede Säule hat eine grösste Belastung von 87900 Kilogr. zu tragen, doch wurden sie bei der Probe einer fast doppelt so grossen Pressung ausgesetzt, weil es möglicher Weise vorkommen konnte, dass **eine** Säule die ganze Last zu tragen hat. Die Bogen, welche die Zwischenbauten tragen, sind auf 1 Stein**) Tiefe von der Aussenfläche 5 Rollschichten stark, die zwei äusseren

*) Diese **Hodgkinson**'sche Formel ist unter Voraussetzung von 6facher Sicherheit gegen Bruch für Kilogr. und Centim., wenn D den äusseren, d den inneren Durchmesser und l die Länge der hohlen Säule bezeichnet:

$$P = 10,676 \frac{D^{3,6} - d^{3,6}}{l^{1,7}}$$

**) Das angewendete Steinformat hatte 22,2 Centim. Länge, 10,6 Centim. Breite, 5,2 Centim. Dicke, bei Fugen von 0,9 Centim.

Tabelle IX.

Etage	Last P Kilogr.	Säulendurchmesser Millim. unten	oben	Wandstärke Millim.	Grösste Pressung pro □ Centim. Kilogr.	Gewicht einer Säule Kilogr.
4	31600	132	110	16	677	170,5
3	75200	166	134	18	1135	250,0
2	118900	190	182	24	984	345,5
1	162400	248	195	27	1132	636,3

und inneren auf 1 Stein Höhe in Verband gemauert. Die übrige Dicke des Bogens ist nach der inneren Wandfläche zu, bis unter die Fenstersohlbänke erhöht. Um für jede der fünf Rollschichten ein Auflager zu schaffen, sind die Kämpferquader gezackt gearbeitet, wobei das vertical über dem Kämpfer ruhende Mauerwerk einen besseren Aufstand erhält als auf der schrägen Fläche des Bogens. An der Aussenseite der Mauer ist, des gefälligeren Aussehens halber, die Kämpferlinie gerade durchgeführt.

Fig. 251.

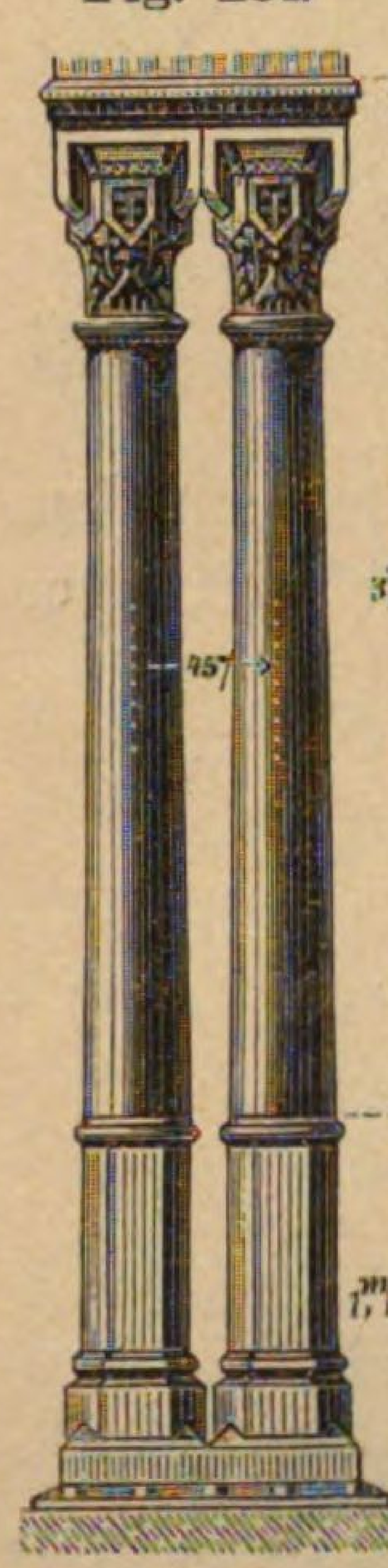
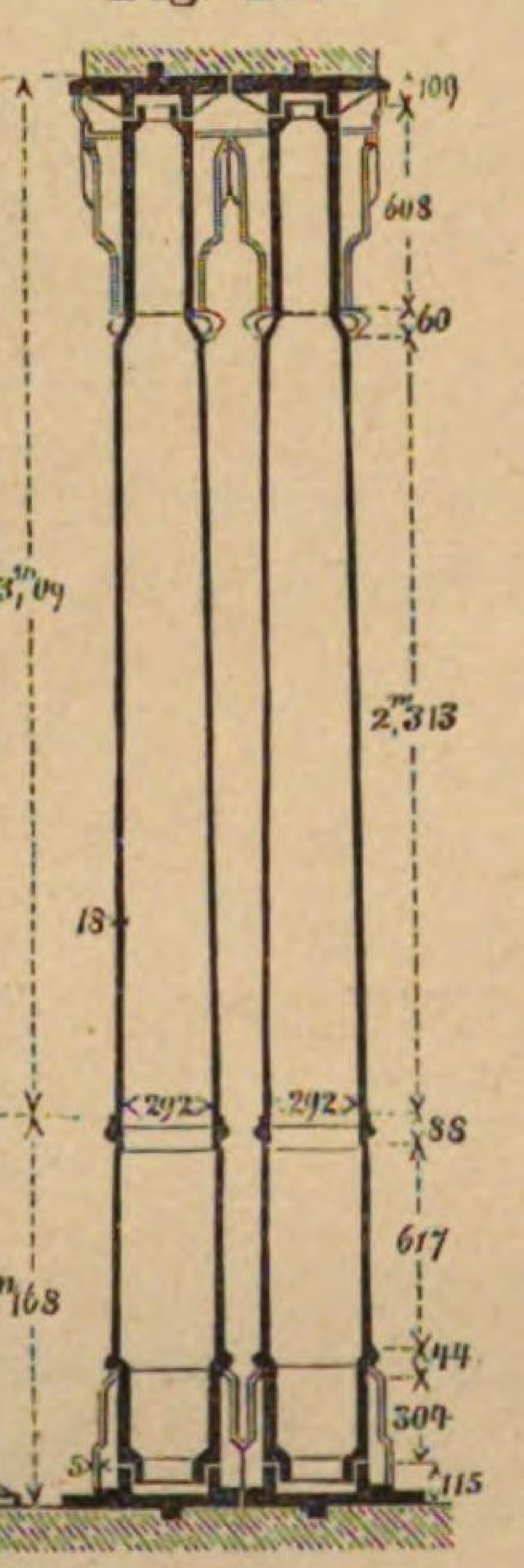


Fig. 252.



Beispiel. *Vergleicht man die in Tabelle IX enthaltenen Belastungen und Abmessungen der Säulen, wie sie durch die Hodgkinson'sche Formel erhalten wurden, mit den in §. 44 gegebenen Formeln für hohle gusseiserne Säulen, so findet für diesen Fall die Belastungsweise Fig. 70 statt, und hiernach hat die Formel (85) Gültigkeit. Es ist:*

$$s \cdot d^3 = \frac{P \cdot l^2}{765000},$$

oder hieraus:

$$P = \frac{765000 \cdot s \cdot d^3}{l^2}.$$

Die betreffenden Grössen sind für die Etage 1 nach Fig. 248 und Tabelle IX:

$$l = 4{,}3 \textit{ Meter} = 430 \textit{ Centim.}; \; s = 2{,}7; \; d = 24{,}8 \textit{ Centim.}$$

Diese Zahlenwerthe in obige Formel substituirt ergiebt:

$$P = \frac{765000 \cdot 2{,}7 \cdot 24{,}8^3}{430^2} = \frac{765000 \cdot 2{,}7 \cdot 15253}{184900} = 170400 \textit{ Kilogr.}$$

Das Resultat dieser Formel stimmt also ziemlich genau mit dem entsprechenden Tabellenwerthe überein.

Wäre P gegeben und sollte der Durchmesser d, sowie die Wandstärke s einer Säule gesucht werden, so wäre nach Obigem:

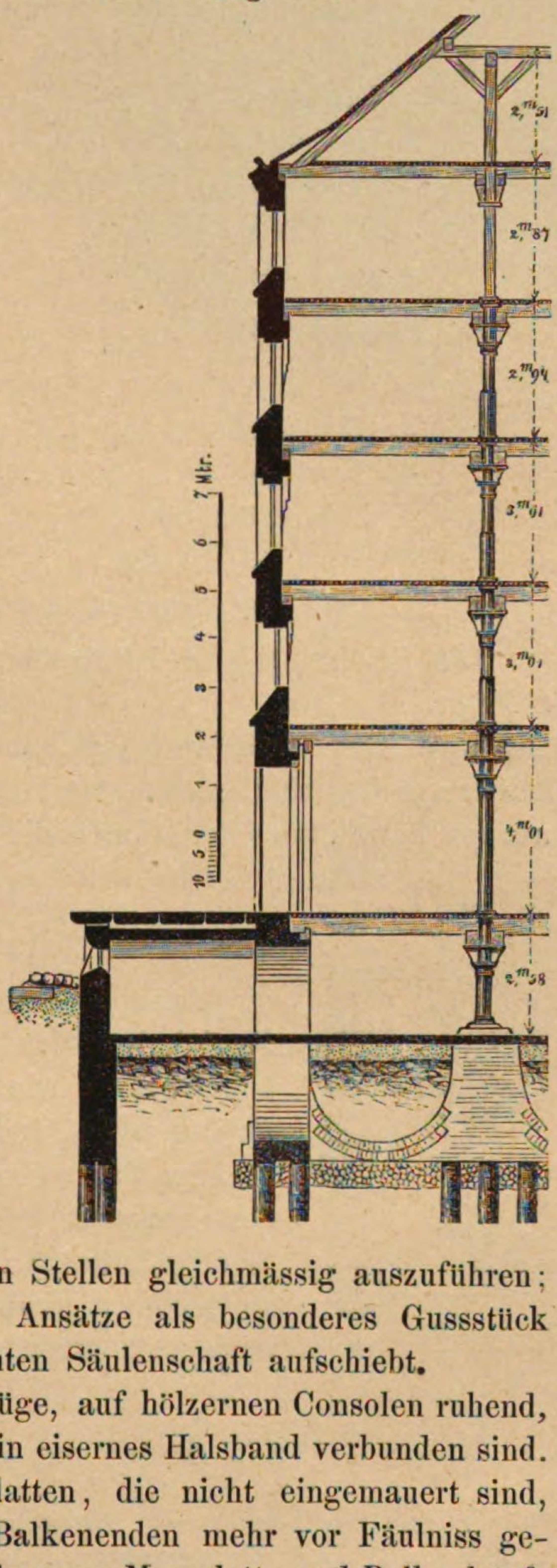
$$s \cdot d^3 = \frac{P \cdot l^2}{765000} = \frac{170400 \cdot 184900}{765000} = 41186.$$

Durch Einsetzung eines bestimmten Zahlenwerthes, entweder für s oder für d, lässt sich das für die Praxis günstigste Verhältniss zwischen Wandstärke und Durchmesser der Säule leicht ermitteln. Setzt man s = 2,5 Centim., so erhält man:

$$d^3 = \frac{41186}{2{,}5}; \textit{ oder } d = \sqrt[3]{\frac{41186}{2{,}5}} = 25{,}4 \textit{ Centim.}$$

Die auf einander stehenden Säulen des grossen Speichers am **Kaiserquai** in Hamburg*) sind in dem theilweisen Querschnitte des Gebäudes, Fig. 253, angedeutet. Dieser Speicher soll, wie der vorhergehend beschriebene, auf kurze Zeit alle vorkommenden Waaren, besonders aber Getreide aufnehmen, und ist derselbe in seinen inneren Detail-Constructionen der Niederlage in Harburg nachgebildet. Ueber dem Kellergeschosse, welches solche Waaren aufnimmt, die nicht von der Feuchtigkeit leiden, liegen noch fünf Geschosse, die mit einander durch hydraulische Aufzüge in Verbindung stehen, von denen das Erdgeschoss hauptsächlich zum Abwiegen und zur Vertheilung der Waaren, die anderen Geschosse zur Lagerung derselben dienen.

Fig. 253.



Das ganze Gebäude ruht auf Pfählen, zwischen denen eine Betonschicht geschüttet ist. Unter jeder Säule befinden sich sechs Pfähle, auf denen massive Pfeiler aufgemauert sind, die mittelst halbkreisförmiger Gegenbogen mit einander verbunden wurden. Zur gleichmässigen Vertheilung des Säulendruckes auf die Pfeiler dient eine grössere Granitplatte, die unter dem Fusse der untersten Säule liegt. Durch fünf Geschosse sind die gusseisernen Säulen auf einander gestellt, dann folgen bis zum Kehlgebälk des Daches hölzerne Ständer, die in entsprechenden Schuhen der obersten Säule stehen. Diese Ständer haben keine erheblichen Lasten zu tragen, weil die Bodenräume des Daches nicht mehr zu Niederlagsplätzen verwendet werden. Auf den consolartigen Angüssen jeder Säule ruhen zwei Unterzüge, welche die Balkenlage tragen, und zwischen denen der an dieser Stelle quadratische Schaft der Säule hindurchgeht. Kopfbänder, in an den Säulen angegossenen Schuhen steckend, dienen zur Unterstützung der Unterzüge nnd sind dieselben mit den letzteren versatzt und verschraubt, welche Anordnung aus dem S. 132 erwähnten Grunde nicht zu empfehlen ist. Die verschiedenen Ansätze am Kopfe der Säulen erschweren den Guss derselben, so dass man es nicht in der Gewalt hat, die Wandstärke der Säule an allen Stellen gleichmässig auszuführen; in solchen Fällen ist es vorzuziehen, dass man die Ansätze als besonderes Gussstück ausführt und dasselbe nach Fig. 242 auf den abgedrehten Säulenschaft aufschiebt.

Die hölzernen Ständer tragen ebenfalls zwei Unterzüge, auf hölzernen Consolen ruhend, die mit den Ständern verastzt, verschraubt und durch ein eisernes Halsband verbunden sind.

Die Enden der Balken liegen auf eichenen Mauerlatten, die nicht eingemauert sind, sondern auf Mauerauskragungen ruhen, wodurch die Balkenenden mehr vor Fäulniss geschützt und die Wände weniger geschwächt werden, als wenn Mauerlatte und Balkenköpfe eingemauert wären.

Die Säulenreihen theilen die Tiefe des Speichers in vier Fächer, von denen die beiden mittleren 4,37 Meter von Mitte zu Mitte der Säulen weit sind, während die Seitenfächer von Mitte der Säulen bis zur Umfassungsmauer im ersten Stock 4,0 Meter messen, wobei die Mauer hier 0,58 Meter Stärke hat, die in den übrigen höher gelegenen Stockwerken jedoch auf 0,477 Meter reducirt ist. In der Längenrichtung des Gebäudes beträgt die

*) Durch Zeichnungen und Beschreibungen mitgetheilt von Herrn Professor F. Gruber in der Zeitschrift d. österr. Ingenieur- und Archit.-Vereins 1874. S. 238.

Entfernung der Säulen von Mitte zu Mitte 4,3 Meter. Auf jedes Feld kommen sechs Balken, die ca. 0,717 Meter mittlere Entfernung haben; ihre Stärke beträgt in den drei unteren Lagen $^{168}/_{287}$ Millim., in der nächst folgenden $^{168}/_{262}$ Millim., in der hierauf folgenden $^{168}/_{238}$ Millim. und im Dachgeschosse $^{128}/_{228}$ Millim.

Zur Bestimmung der Säulenbelastungen kann man die grösste im Hochbau etwa vorkommende **veränderliche** Belastung (Nutzlast) pro □Meter Grundfläche wie folgt annehmen:

in gewöhnlichen Dachräumen	150 bis 250 Kilogr.
- Wohnräumen	220 -
- Tanzsälen	370 -
- Heuböden	400 -
- Fruchtböden	450 -
- Speichern	750 -
- gewissen Magazinen, Cichorienspeichern, Salzmagazinen etc.	bis 1500 -

Als **Totalbelastung** (Eigengewicht + Nutzlast) nehme man bei einer freien Balkenlänge von ca. 6 Meter:

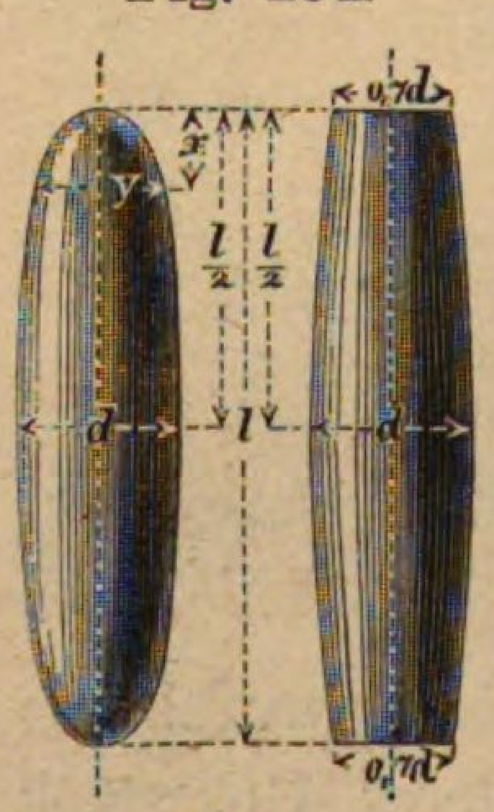
für Wohnräume	pro □Meter = 500 Kilogr.
- Tanzsäle	- - = 700 -
- Arbeitssäle und Werkstätten	- - = 750 -
- gewölbte Decken, ½ Stein stark, mit Hintermauerung, Fussboden und Lagern	- - = 750 -

Die Schüttungshöhe beträgt bei Fruchtböden 0,6 bis 0,7 Meter, zuweilen auch bis 1 Meter.

Eine Körperform von gleicher rückwirkender Festigkeit erhält man nach **F. Redtenbacher** für den ringförmigen Querschnitt, wenn die in Fig. 254 eingeschriebenen Bezeichnungen gewählt werden, durch die Formel:

$$\frac{x}{\left(\frac{l}{2}\right)} = \frac{2}{\pi}\left(\text{arc}\,.\,\sin\frac{y}{d} - \frac{y}{d}\sqrt{1-\left(\frac{y}{d}\right)^2}\right) \quad . \; . \; . \quad (237)$$

Fig. 254.



Annähernd wird diese Körperform von gleicher rückwirkender Festigkeit gefunden, wenn die Enddurchmesser sich zum mittleren Durchmesser wie 7 : 10 verhalten und wenn die so erhaltenen drei Punkte durch eine schwach gekrümmte Linie verbunden werden, wie es in Fig. 254 angedeutet ist. Dasselbe Verhältniss gilt auch für Säulen von kreuzförmigem Querschnitte Fig. 233. Im Hochbau werden die Säulenschafte nur nach oben hin verjüngt, denn es würde einen unangenehmen Eindruck auf das Auge machen, wenn man die Schaftform auch nach unten zusammenzöge.

§. 67. Säulen aus Eisen als architektonische Kunstform.

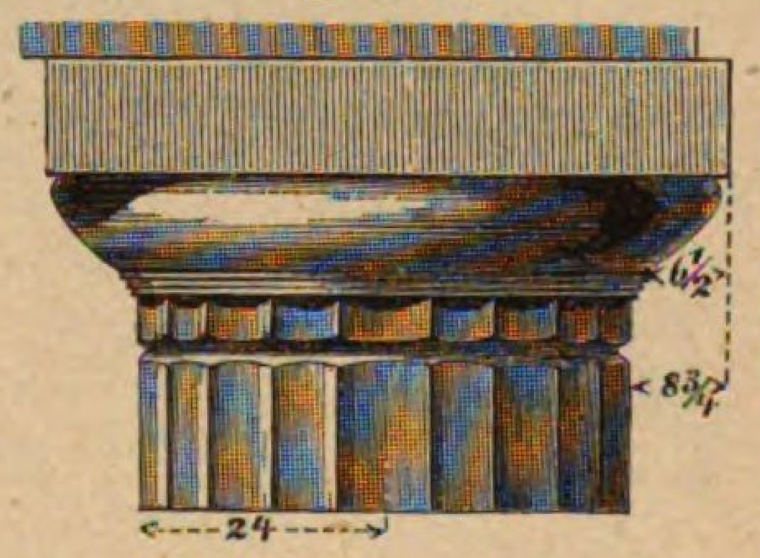
Wenn die Säule, als freistehende Stütze eines Bauwerkes, anfangs ein einfacher Baumstamm oder, wo Holz mangelte, wie in Aegypten, ein plumper Steinblock war, so entstand bei zunehmender Bildung und Entwickelung des Kunstgeschmackes aus dieser rohen Stütze eine Kunstform, die Säule, von welcher fünf Ordnungen oder Hauptstyle angenommen werden: die toskanische, dorische, jonische, korinthische und römische. Die beiden ersteren Säulen sind die ältesten und einfachsten; ihr Charakter ist Festigkeit und Einfachheit. Die jonische Säule hat ein mit Schnecken, Voluten, geziertes Kapitäl; sie hat eine schlanke weiche Form und ihr Charakter ist Schönheit. Von dieser unterscheidet sich die korinthische Säule namentlich durch ihr reich geschmücktes Kapitäl; ihr Charakter ist daher Pracht. Durch Zusammensetzung der jonischen und korinthischen Ordnung ist die römische entstanden.

Mit dem feinsten Gefühl für Formenschönheit sind die Säulen bei den Tempelbauten der Hellenen ausgebildet, wesshalb die drei Säulenordnungen des griechischen Baustyls hier nebenbei erwähnt werden sollen.

Als Maass-Einheit für die Bestimmung der einzelnen Dimensionen einer Säule dient deren **unterer Halbmesser** = 1 Model = 30 Partes oder Minuten. Der untere Säulendurchmesser ist also = 2 Model oder = 60 Partes. Die Ausladungen werden von der **Säulenaxe** aus gerechnet und sind die in den Figuren eingeschriebenen Zahlen in Partes zu verstehen, wenn keine weitere Bezeichnung beigesetzt ist.

a. **Die dorische Säule.** — Der Schaft dieser Säulen steht unmittelbar auf dem aus einer oder mehreren Stufen bestehenden **Stylobat**, welches sich über die zwei bis drei grösseren Stufen des **Stereobats** erhebt; oder wenn kein Stylobat vorhanden ist, steht der Säulenschaft direct auf dem Stereobat. Das Kapitäl einer dorischen Säule vom **Parthenon** in Athen ist in Fig. 255 dargestellt; es besteht aus der oberen quadratischen Platte (**Abacus**), auf welcher sich das Gebälk (**Architrav**) stützt, und aus dem Viertelstab (**Echinus**) mit den Riemchen oder Heftbändern; eine eingeschnittene Nuthe von 1 Partes Höhe und Tiefe trennt den kurzen Hals der Säule vom Schafte. An den dorischen Kapitälen am Tempel des **Poseidon** zu **Pästum** kommen statt der einen kräftigen Nuthe mehrere schwächere vor, welche die Trennung des Halses bewirken.

Fig. 255.



Die Schafthöhe der Säulen Fig. 255 beträgt 9,54 Meter, bei einem unteren Durchmesser von 1,9 Meter, wobei sich der Schaft nach oben verjüngt, doch so, dass die Erzeugende des Kegelmantels keine gerade, sondern eine krumme Linie ist, wie es Fig. 256 zeigt. Das anfangs verticale Aufsteigen, dann das allmälige Zusammenziehen (**Entasis**) des Säulenschaftes nach oben hin beträgt beim Parthenon ca. $^1/_{12}$ des unteren Säulendurchmessers. Der Schaft ist nach seiner Länge mit 20 Kanälen (**Kannelirung, Rhabdosis**) versehen, die am Stylobat beginnen und unter den Riemchen des Kapitäls stumpf absetzen oder bei einigen Säulen in flachen Bögen auslaufen. Die Kanneluren sind im Grundrisse nach Fig. 257 aus drei Kreisbögen zusammengesetzt. Man nimmt die Breite *ab* einer Kannelure in den Zirkel, setzt in *a* und *b* ein und schlägt zwei Kreisbogen, deren Schnittpunkt *o* dann der Mittelpunkt des mittleren Theiles der Kannelure ist. Theilt man nun *ab* in fünf gleiche Theile und zieht von *o* durch den ersten Theilpunkt von *a* und *b* die Radien *oe* und *oh*, trägt hierauf einen der fünf Theile von *ab* von den Schnittpunkten der Radien und der Sehne nach *c* und *d*, so sind dies die Mittelpunkte für die Bogenstücke *ah* und *be*, an welche sich der von *o* aus geschlagene Bogen *eh* schliesst. Die fünf Riemchen unter dem Echinus werden in der Weise construirt, dass man, nachdem der obere Säulenhalbmesser mit $23^1/_2$ Partes bestimmt ist, $^7/_8$ Partes nach aussen trägt und in diesem Punkte eine Senkrechte errichtet, die nach Fig. 258 ebenfalls $^7/_8$ P. lang wird. Von diesem Punkte aus läuft eine flache Kehle an den Säulenschaft, in der die Kanneluren auslaufen. Trägt man von dem oberen Punkte der Kehle $1^3/_8$ P. nach aussen, errichtet hier eine Senkrechte von 2 P. Länge und zieht die Hypothenuse des Dreiecks, so bestimmt die letztere die Begrenzung der Riemchen. In $^1/_8$ P. Abstand von der Grundlinie des Dreiecks zieht man eine mit derselben parallele Linie, welche die Länge des ersten Riemchens angiebt; den übrigen Theil der Hypothenuse theilt man in vier gleiche Theile und setzt von oben herab von jedem Theilpunkt aus die Länge des ersten Riemchens. Aus diesen Punkten errichtet man Senkrechte auf die Hypothenuse, deren Länge dadurch bestimmt wird, dass man über der ersteren Parallelen mit der Grundlinie, wieder im

Fig. 256.

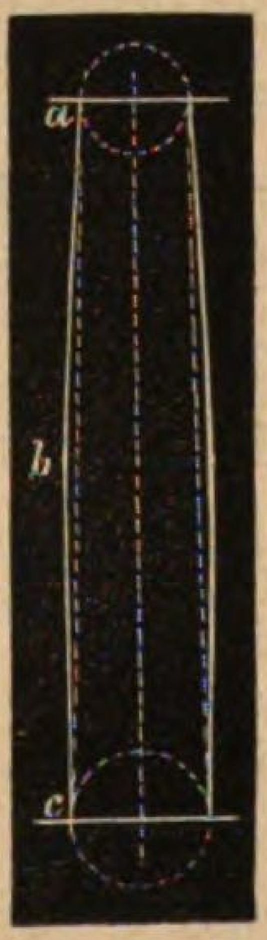


Fig. 257.

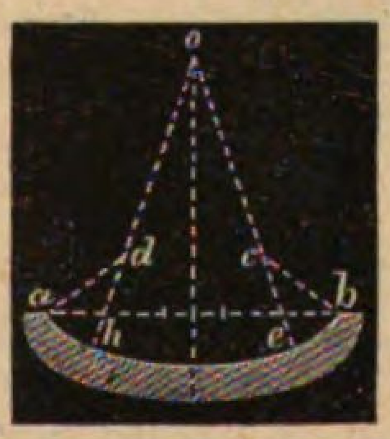
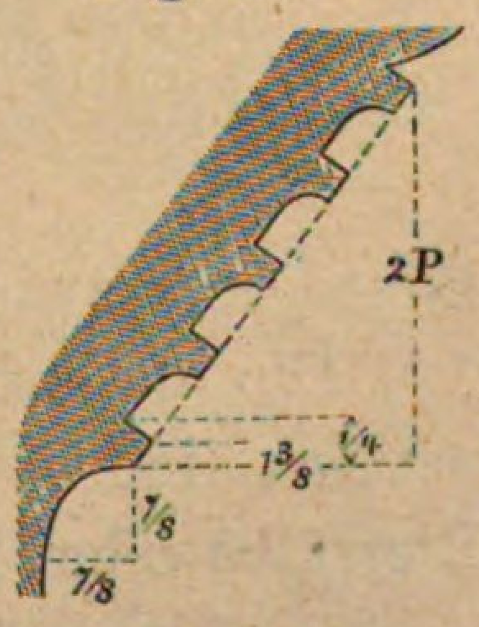


Fig. 258.



Abstande von $^1/_8$ P., eine zweite Parallele zieht; der Schnittpunkt dieser Linie mit der Senkrechten auf der Hypothenuse ergiebt also die Tiefe der Riemchen. Oberhalb des oberen Riemchens beginnt der Echinus, der $8^3/_4$ P. Höhe hat, bei einer unteren Ausladung von $25^1/_2$ P. und einer oberen von $31^3/_4$ P. Die Höhe des Abacus beträgt $11^1/_2$ P., bei $32^1/_2$ P. Ausladung. Die Schafthöhe ist 303 P., dessen unterer Durchmesser 60 P. und dessen oberer 47 P. Die Höhe des Säulenhalses oberhalb des Einschnittes beträgt $5^1/_2$ P. Der Unterbau **(Krepidoma)** besteht aus drei Stufen, wovon die obere 18 P. Höhe und 32 P. Ausladung, die zweite 17 P. Höhe und $54^1/_2$ P. Ausladung, die dritte 17 P. Höhe und 77 P. Ausladung hat. Der Architrav springt 2 P. von der Aussenkante des Abacus zurück.

Bei anderen Säulen des Parthenon sind nur drei Riemchen vorhanden, deren Construction Fig. 259 zeigt. Die Kehle unter den Riemchen, in der die Kanneluren auslaufen, hat vom Schafte an $^3/_4$ P. Ausladung und Höhe, wobei das Dreieck, dessen Hypothenuse die Begrenzung der Riemchen giebt, $1^1/_4$ P. Grundlinie und $1^3/_4$ P. Höhe hat. Der obere Halbmesser dieser Säulen ist $22^1/_2$ P. und hat der Abacus $30^1/_2$ P. Ausladung und $10^1/_2$ P. Höhe, der Echinus $29^1/_4$ P. bei 8 P. Höhe, während die Höhe des Halses nur 5 P. beträgt.

Fig. 259.

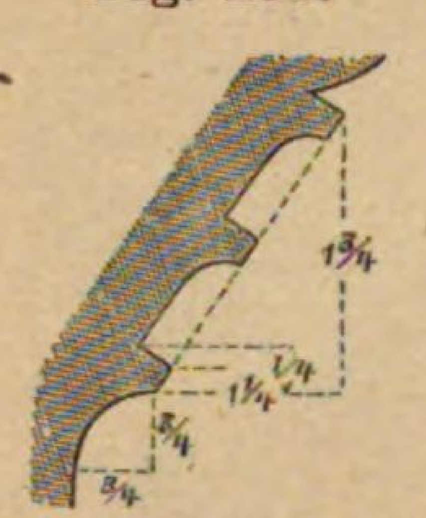
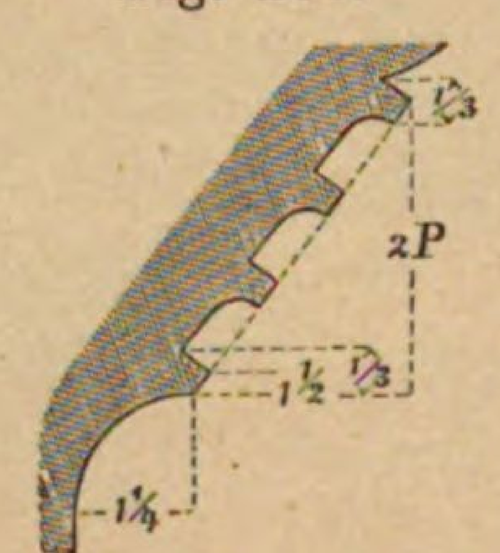


Fig. 260.



Die Säulen des **Theseustempels** zu Athen haben Kapitäle mit vier Riemchen. Die Kehle am Halse der Säule ist ein Viertelkreis von $1^1/_4$ P. Halbmesser, Fig. 260, und hat das Dreieck zur Bestimmung der Riemchen eine Grundlinie von $1^1/_2$ P. bei der Höhe von 2 P.; die Riemchen sind $^1/_6$ P. hoch.

Wenn die dorische Säule durch die Verjüngung den Charakter einer **stabilen** Stütze erhält, so giebt ihr die Entasis **Eleganz**, während die Rhabdosis ihr den Charakter des **Aufstrebens** und **Wachsens** verleiht, und dadurch einen Conflict der Stütze mit dem belastenden Gebälk andeutet, der durch das Kapitäl vermittelt wird. Dieser Conflict kommt namentlich im Echinus zum Ausdruck; indem der Abacus die Last des Architraven aufnimmt und auf den Echinus überträgt, wird der letztere gepresst, und da er nicht weichen will, muss er die widerstrebende ausbauchende Form annehmen, wodurch der Gegensatz zwischen Last und Stütze überraschend schön dargestellt ist. Die zusammenschnürenden Riemchen unterstützen den Echinus im Widerstreben und übermitteln die Last auf den Schaft der Säule.

Ein dorisches Säulenkapitäl vom Tempel der **Demeter** zu Pästum giebt Fig. 261, bei dem der Hals als Hohlkehle **(Scotia)** geformt ist. Die aufstrebenden Blätter der Scotia, welche die Platte des Echinus unterstützen, zeigen wieder in sprechender Weise den Conflict der Stütze mit der Last. Die in Partes ausgedrückten Abmessungen der Scotia sind in Fig. 262 eingeschrieben.

Fig. 261.

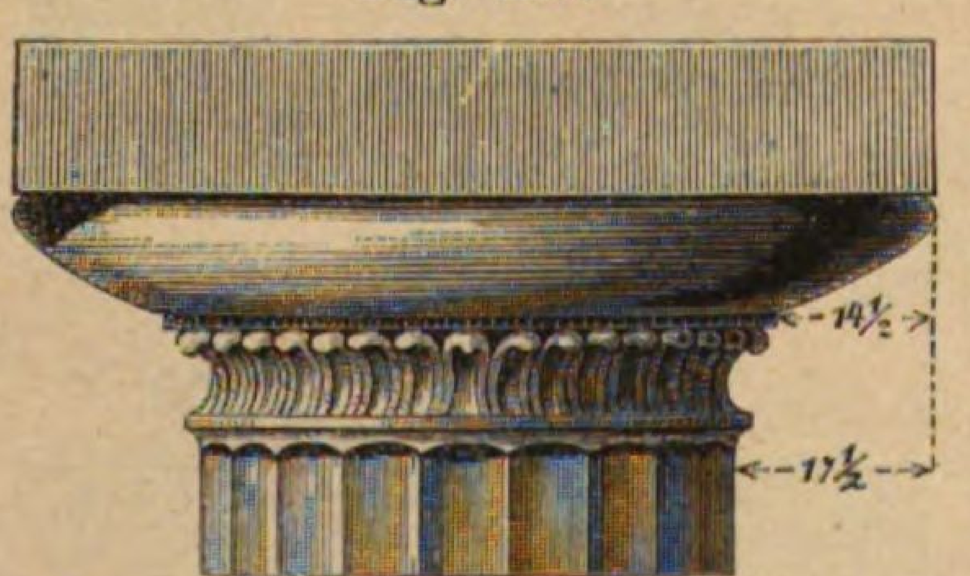
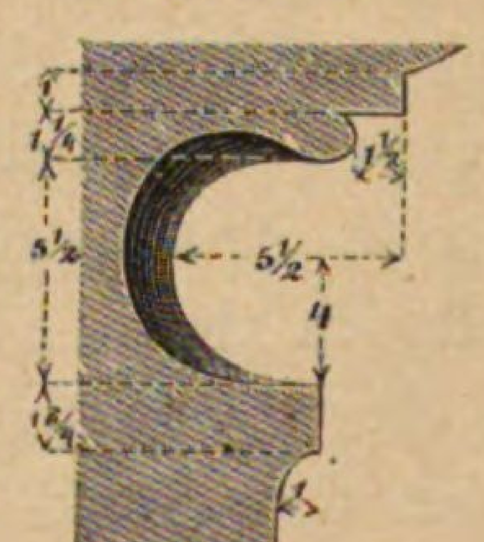


Fig. 262.



Zwischen dem unteren Durchmesser und der ganzen Säulenhöhe kommt das Verhältniss 1 : 5 bis 1 : 6 am meisten vor; es schwankt aber bei den griechischen Bauwerken zwischen 1 : 4,66 und 1 : 6,5.

Die dorischen Säulen wurden bei den Tempeln der Hellenen noch mittelst Malerei verziert, indem der Abacus ruhendes Ornament in Gestalt von Mäanderzügen, der Echinus Eierstäbe oder Herzblätter und das Uebrige einfache Farbentöne erhielt.

b. **Die ionische Säule.** — Eine solche, vom Tempel am **Jlyssus** bei Athen, ist in Fig. 263 dargestellt. Bei dieser Säule, die 0,54 Meter unteren Durchmesser hat, sind die Details der Structurtheile so gebildet, dass sie ihre Function in Bezug auf die Wirkung der statischen Kräfte klar und bestimmt aussprechen. Der Schaft steht hier nicht direct auf

dem Unterbau (**Krepidoma**, aus Stereobat und Stylobat bestehend) wie bei der dorischen Säule, sondern es ist eine besondere Fussung (**Basis**) vorhanden, welche den Druck des Säulenschaftes auf den Unterbau übermittelt.

Man unterscheidet die eigentlich **ionischen** Basen, von den Denkmälern Kleinasiens, und die **attisch-ionischen**, von den Bauwerken in Attika, welche letzteren die vollendetsten und schönsten sind. Solche Säulenfussungen in $^{1}/_{10}$ der natürlichen Grösse sind in Fig. 264 bis 268 im Profil gezeichnet. Fig. 264 gehört zu den Säulen an der Nordseite des **Erechtheions** zu Athen, die einen unteren Durchmesser von 0,877 Meter haben. Fig. 265 von der Ostseite desselben Bauwerkes mit einem unteren Säulendurchmesser von 0,729 Meter. Fig. 266 und 267 von den **Propyläen** zu Eleusis. Fig. 268 Antenfuss vom Erechtheion. Die Ansicht zu dem Profil Fig. 265 giebt Fig. 269. Der obere kannelirte Rundstab hat 7 P. Höhe und $36^{3}/_{4}$ P. Ausladung. Die Stege sind nach einander von der Unterkante des Rundstabes entfernt: Oberkante des 1. Steges $6^{1}/_{4}$ P., Höhe $^{1}/_{3}$ P.; des 2. Steges $4^{3}/_{4}$ P., Höhe $^{1}/_{2}$ P.; des 3. Steges $2^{1}/_{2}$ P., Höhe $^{1}/_{2}$ P. Die Scotia ist $7^{3}/_{4}$ P. hoch und ist die geringste Ausladung derselben $35^{1}/_{2}$ P., welcher Punkt 5 P. von unten nach oben liegt. Der Saum über dem oberen kannelirten Rundstab ist $1^{1}/_{2}$ P. hoch bei $32^{3}/_{4}$ P. Ausladung. Das Plättchen oberhalb der Scotia hat $^{3}/_{4}$ P. Höhe und $36^{3}/_{4}$ P. Ausladung; das Plättchen unterhalb der Scotia 1 P. Höhe bei $37^{3}/_{4}$ P. Ausladung und der untere Rundstab 7 P. Höhe bei 41 P. Ausladung. Eine Plinthe ist nicht vorhanden.

Fig. 263.

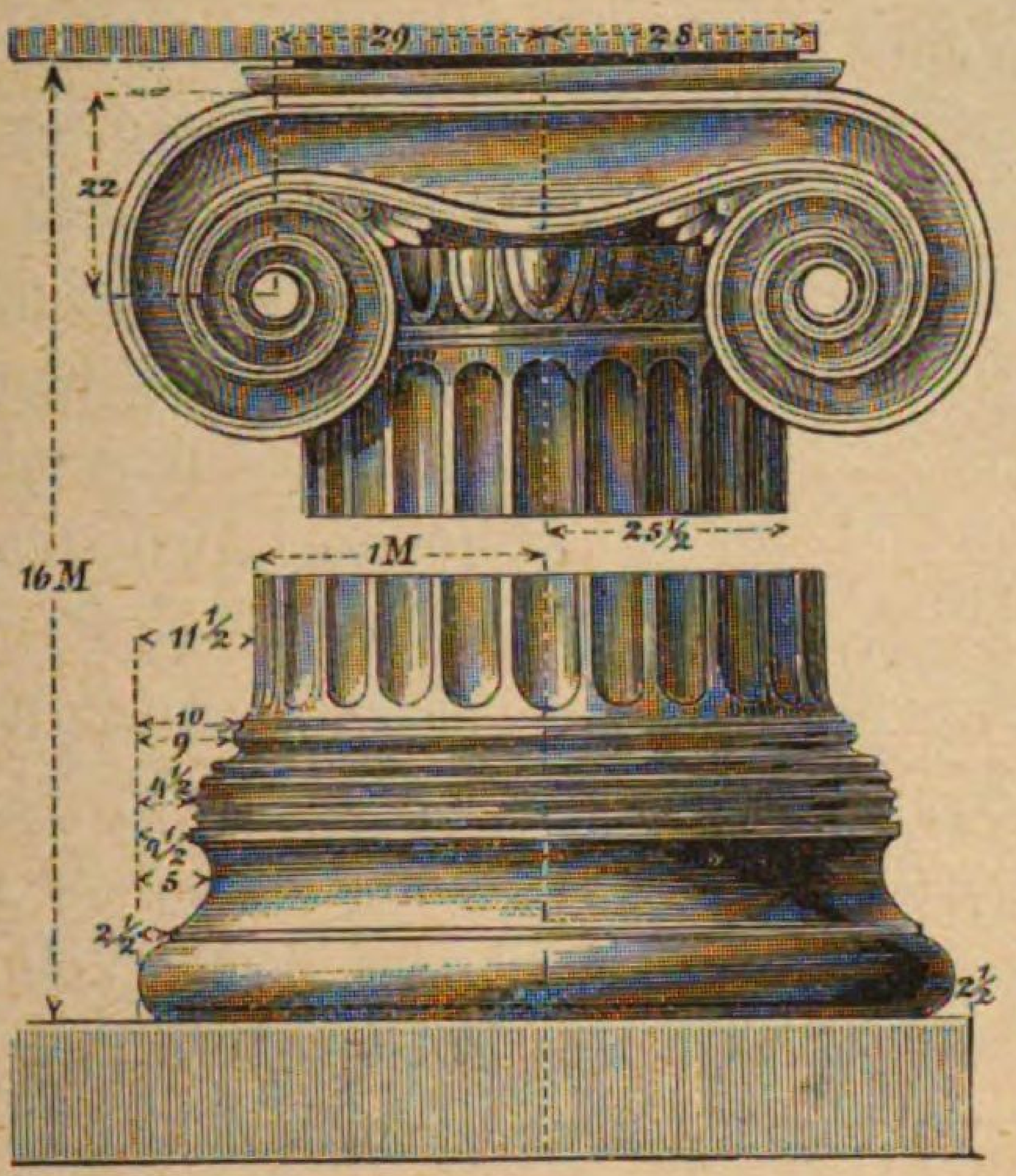


Fig. 264.

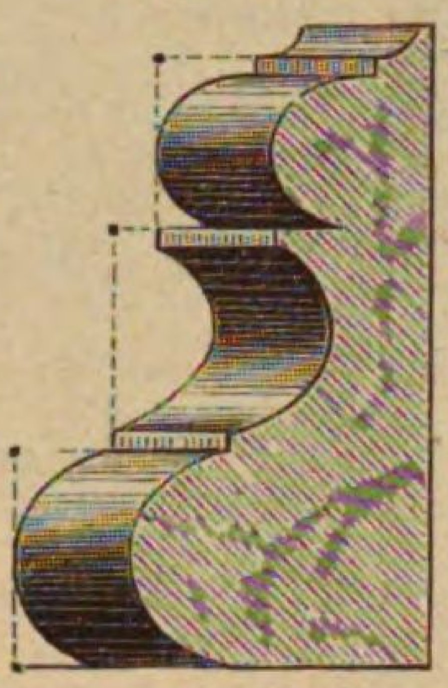
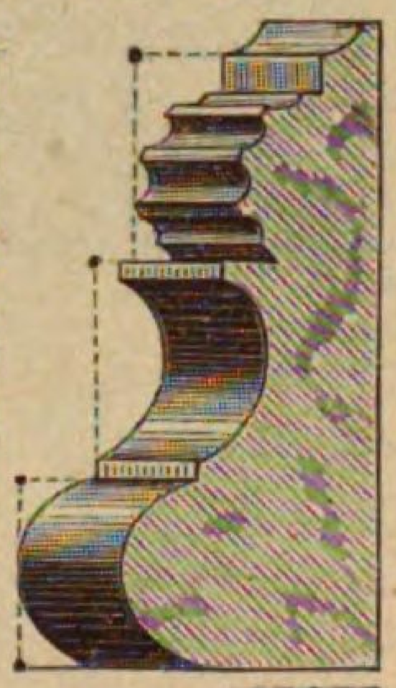


Fig. 265.



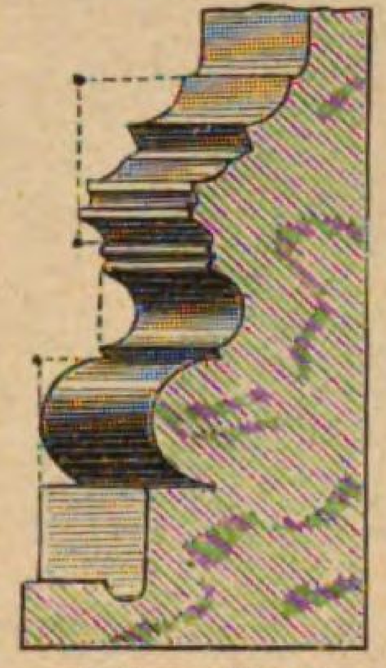


Fig. 266.

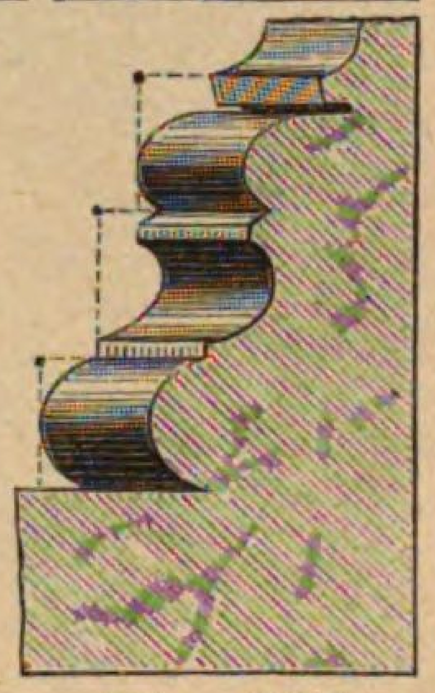
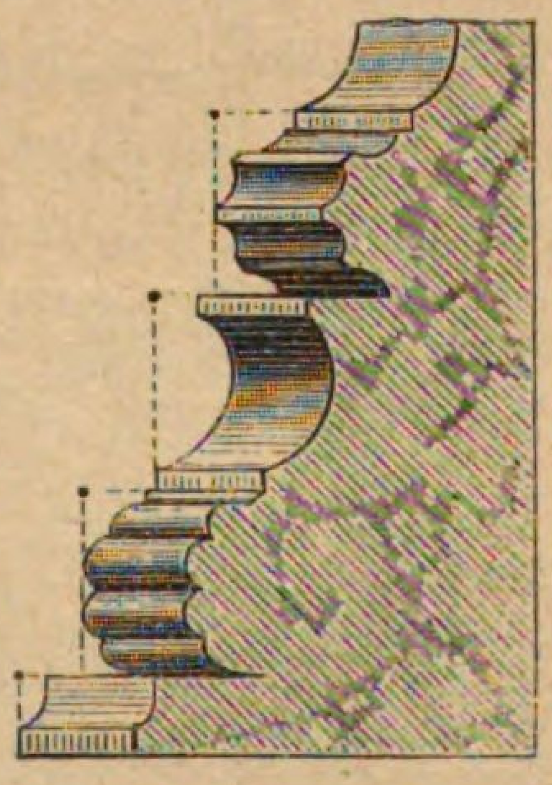


Fig. 267.

Fig. 268.



Die Ansicht einer Basis aus der nördlichen Portika des Erechtheions giebt Fig. 270; diese hat eine Höhe von $34^{1}/_{2}$ P. Der mit einer Bandverschlingung gezierte Rundstab hat eine Ausladung von 37 P. und eine Höhe von $6^{3}/_{4}$ P. Das folgende Plättchen hat $1^{1}/_{4}$ P. Höhe, 38 P. Ausladung; die Scotia $6^{3}/_{4}$ P. Höhe, 36 P. geringste Ausladung in 4 P. Höhe von unten; das folgende Plättchen ladet aus $40^{1}/_{2}$ P., ist hoch $1^{1}/_{4}$ P.; der Rundstab ist hoch $8^{1}/_{2}$ P., bei 45 P. Ausladung. Die Stufe, auf welcher der letztere steht, ist $22^{1}/_{2}$ P. hoch, dieselbe hat 49 P. Ausladung. Unter dieser Stufe befinden sich noch zwei andere von derselben Höhe und 25 P. Breite.

Fig. 269.

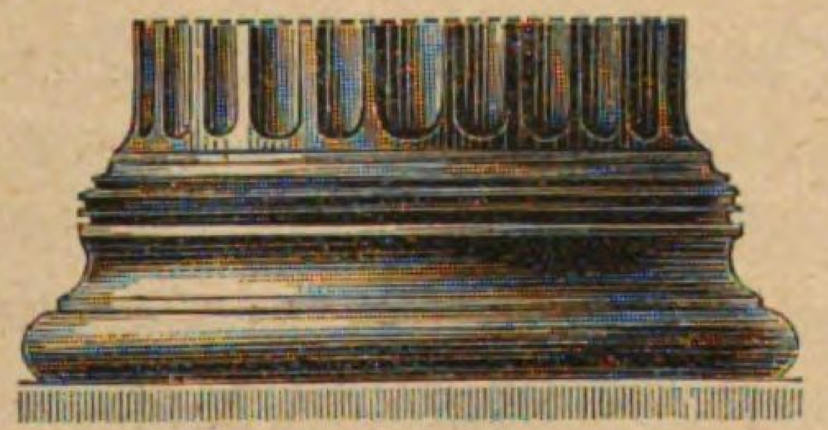
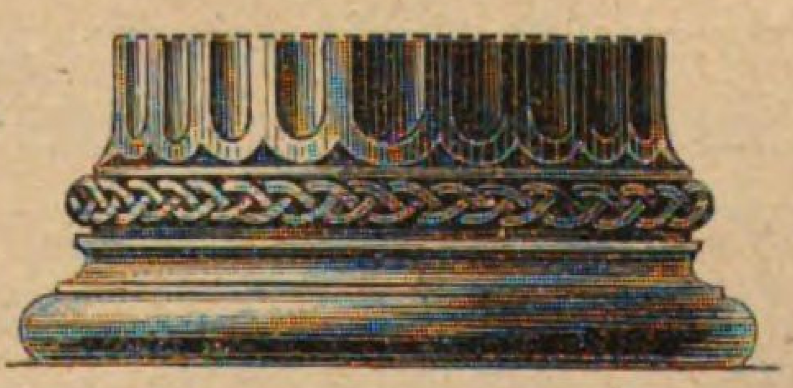


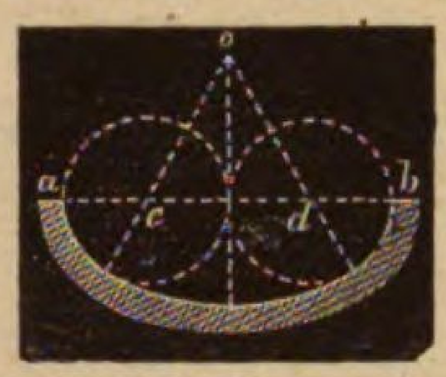
Fig. 270.



Die Basis der Säulen vom Tempel am **Jlyssus**, Fig. 263, hat folgende Abmessungen: der unterste Rundstab ist hoch $9^{1}/_{4}$ P., ladet aus $41^{1}/_{2}$ P.; das Plättchen hat $^{1}/_{2}$ P. Höhe und 39 P. Ausladung; die Scotia ist hoch $9^{3}/_{4}$ P. bei 36 P. Ausladung; das folgende Plättchen ladet aus 37 P., ist hoch $^{1}/_{2}$ P.; der kannelirte Rundstab hat 10 P. Höhe und 37 P. Ausladung; das folgende Stäbchen $34^{1}/_{2}$ P. Ausladung bei $1^{3}/_{4}$ P. Höhe; der Saum $33^{1}/_{2}$ P. Ausladung bei $^{3}/_{4}$ P. Höhe.

Die ganze Höhe der ionischen Säulen beträgt 16 bis 20 Model, und ist das Mittel aus diesen beiden Grenzhöhen vielleicht die günstigste Höhenabmessung. Der Schaft verjüngt sich etwa um $^1/_3$ Model und enthält derselbe in der Regel 24 Kanneluren mit dazwischen liegenden Stegen. Bei der Säule Fig. 263 sind die Kanneluren oben $5^1/_2$ P. breit und 2 P. tief. Die Form der Kanneluren findet man, wenn man die $6^1/_3$ P. messende untere Breite *ab* derselben in vier gleiche Theile theilt, und aus den Theilpunkten *c* und *d* ein gleichseitiges Dreieck errichtet, dessen Schenkel nach dem Innern der Kannelure verlängert werden. Die Theilpunkte *c* und *d* sind die Mittelpunkte für die beiden äusseren Bogenstücke, während der Punkt *o* für das mittlere Bogenstück der Mittelpunkt ist.

Fig. 271.

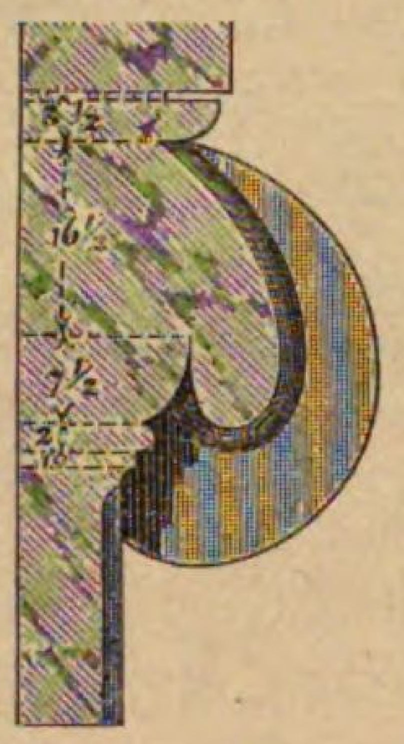


Die Verticalschnitte Fig. 272 und 273 von dem in Fig. 263 gegebenen ionischen Kapitäl enthalten die Höhenabmessungen desselben eingeschrieben. Die ganze Kapitälhöhe beträgt $29^1/_4$ P.; hiervon hat das Plättchen unter dem Architrav $^1/_4$ P. Höhe und 24 P. Ausladung; das folgende Kyma *a* hat $3^1/_2$ P. Höhe bei 33 P. oberer, 31 P. unterer Ausladung; das Echinuskyma *c* hat $7^1/_2$ P. Höhe, 30 P. obere und $26^1/_2$ P. untere Ausladung; das Stäbchen *d* hat 2 P. Höhe bei 28 P. Ausladung und das Plättchen *e* hat 1 P. Höhe bei $25^3/_4$ P. Ausladung. Das Volutenauge hat einen Durchmesser von $7^1/_2$ P. und steht 29 P. von der Mitte der Säule ab. Der äussere Halbmesser der Volute ist $17^1/_3$ P.; der untere 14 P. Die Länge der Polster beträgt 57 P. Die Breite der Volute verhält sich zur Höhe derselben wie 11 : 13.

Fig. 272.



Fig. 273.



Der Horizontalschnitt Fig. 274 zeigt ein eigentliches ionisches Eckkapitäl, bei dem die Eckvolute unter 45° nach der Architravenecke herausspringt, wobei der Abacus bei *A* der Auskragung der Volute folgt, während sich bei *B* eine rechtwinklige Ecke bildet.

Das als Kunstform vollendetste **attisch-ionische** Kapitäl von der Westseite des **Erechtheions** zu Athen giebt Fig. 275 in der Vorderansicht und Fig. 276 in der Seitenansicht. Dieses schöne Kapitäl unterscheidet sich von dem in Fig. 263 dargestellten namentlich

Fig. 274.

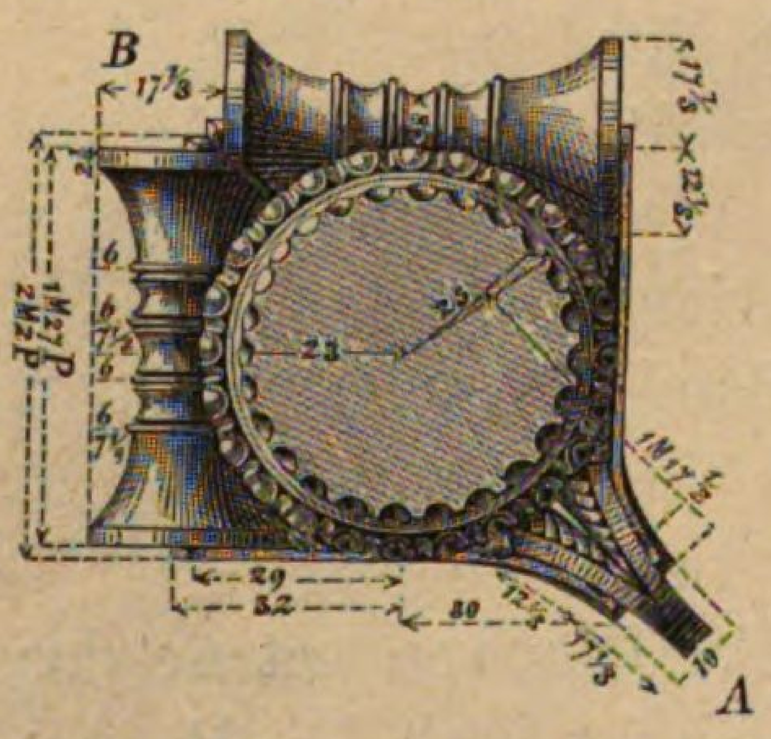


Fig. 275.

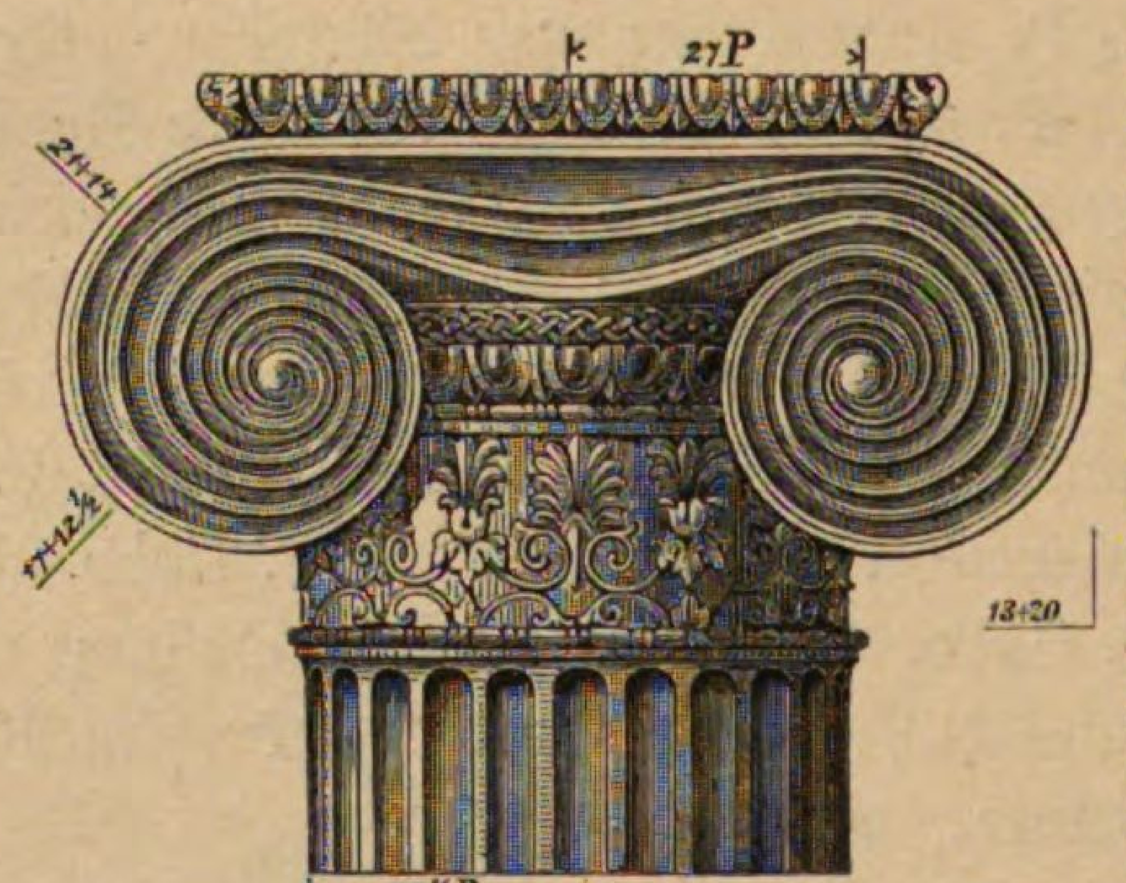
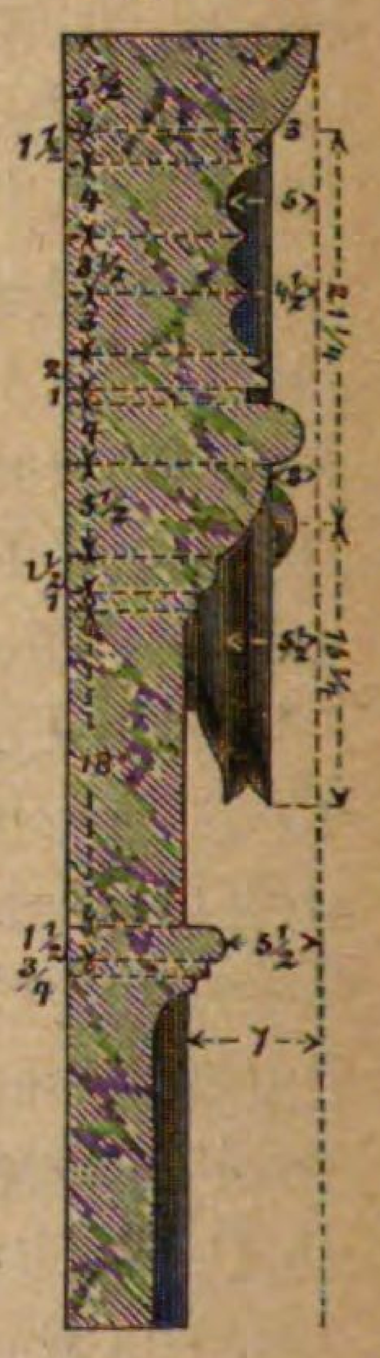


Fig. 276.



Fig. 277.



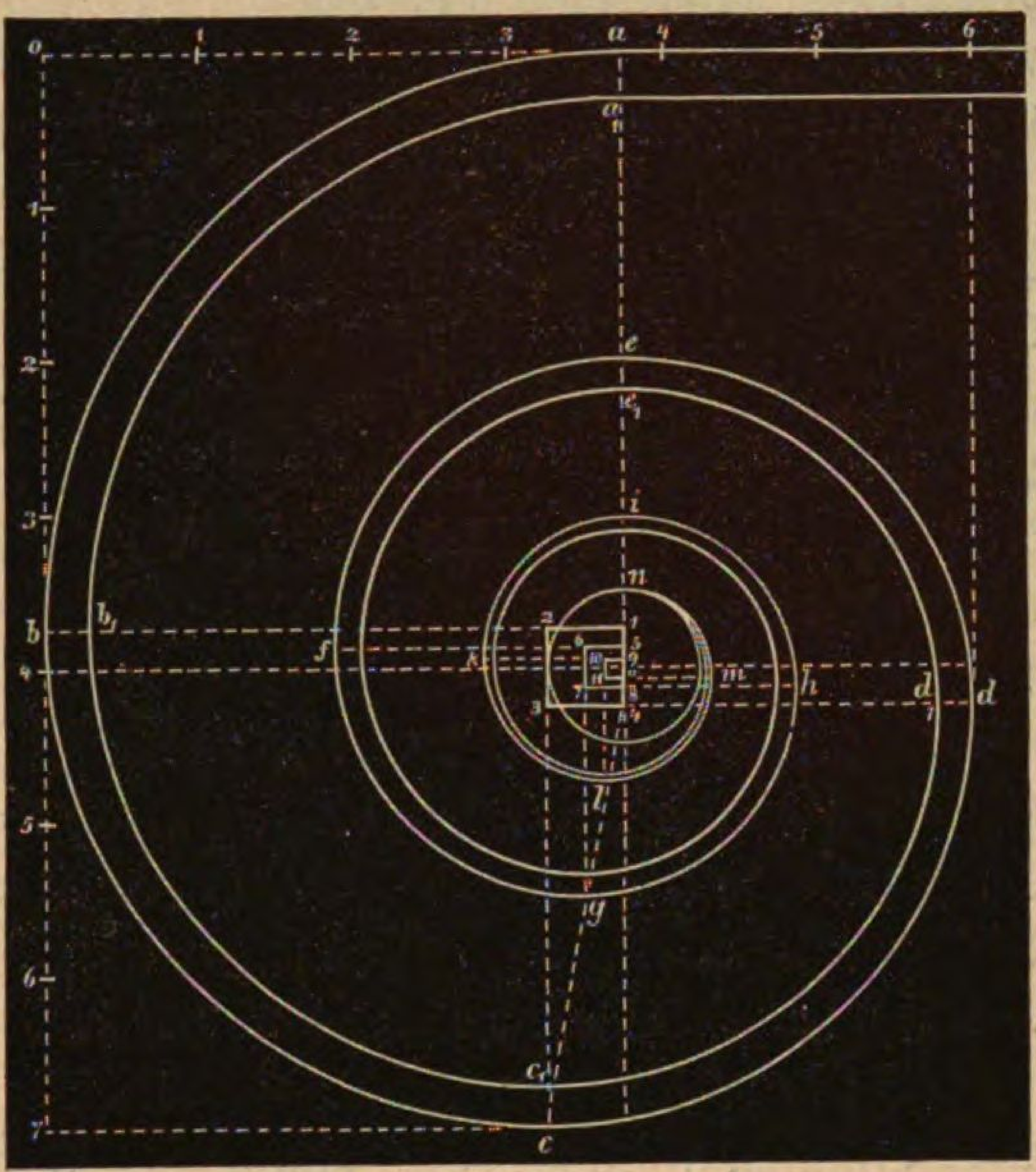
durch den mit einem Anthemienkranz geschmückten Hals, dessen leicht emporwachsendes Ornament den Triumph der Stütze über die Last lebhaft versinnlicht.

Der untere Durchmesser der Säule ist = 0,877 Meter, der obere = 49 P. und beträgt die ganze Höhe der Säule 18 Model, wovon auf das Kapitäl 1 M. $20^1/_2$ P., auf den Schaft 15 M. 16 P. und auf die Basis $23^1/_2$ P. kommen.

Die Höhenabmessungen des Kapitäls enthält der Verticalschnitt Fig. 277. Das oberste Kyma ladet aus, oben $33^1/_2$ P., unten $30^1/_2$ P., ist hoch $5^1/_2$ P.; der Kanal in der Mitte ist hoch 14 P.; das Echinuskyma (Eierstab) ladet aus, oben $30^1/_2$ P., unten 27 P., ist hoch $5^1/_2$ P.; das folgende Stäbchen ladet aus 28 P., ist hoch $1^1/_2$ P.; das Plättchen ist hoch 1 P., ladet aus 27 P.; der Säulenhals ist hoch 18 P., ladet aus 26 P.; das Stäbchen des

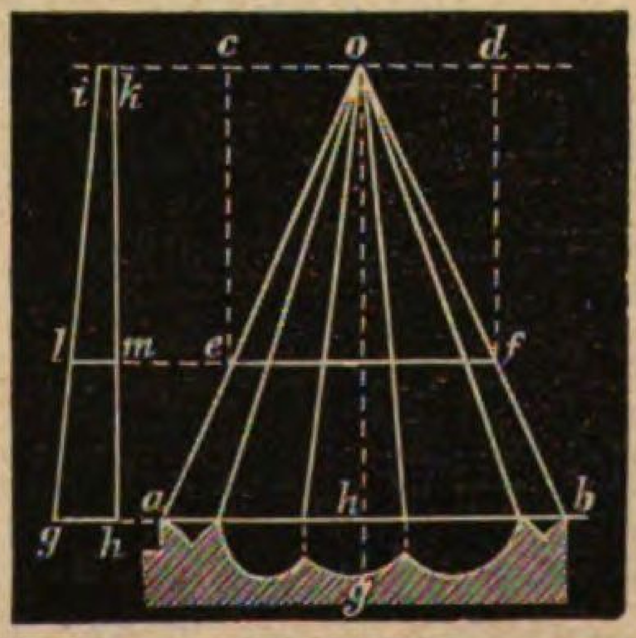
Astragals am Schafte ist hoch $1^1/_2$ P., ladet aus $27^1/_2$ P.; das Plättchen ist hoch $^3/_4$ P., ladet aus $26^1/_2$ P.; der Abstand des Volutenauges von der Oberkante des Kapitäls ist $21^1/_4$ P., es ladet aus $30^1/_2$ P.; das Volutenauge steht aus der Mitte 27 P.; der äussere Halbmesser ist 20 P., der untere $14^1/_4$ P., der innere 13 P.; der Durchmesser des Volutenauges ist $5^1/_2$ P. und die Polsterlänge 57 P. Die Abmessungen der Basis sind bei Fig. 269 gegeben.

Fig. 278.



Die Zeichnung der Voluten in ihrer Vorderansicht muss aus freier Hand geschehen, wenn die Linien dem Auge wohlgefällig erscheinen sollen. Man war jedoch bestrebt, die Windungen der Volute mit Hülfe des Zirkels zu zeichnen und hat zu diesem Zwecke verschiedene Methoden ersonnen. Eine der besten Methoden ist von **Mauch** angegeben und in Fig. 278 dargestellt, dieselbe giebt die Windungen zu dem Muster Fig. 275 ziemlich genau. Es wird nämlich die Volutenscheibe von einem Rechtecke eingeschlossen, welches 7 Augendurchmesser hoch und 6 Augendurchmesser breit ist, wobei der Mittelpunkt des Auges 4 Durchmesser desselben vom oberen Rande und $3^3/_4$ vom äussern Rande entfernt liegt. Nach drei Umwindungen soll sich die Schneckenlinie in der Weise einziehen, dass sie sich im höchsten Punkte des Volutenauges an dasselbe anschliesst. Man ziehe durch den Mittelpunkt des Auges eine horizontale und eine verticale Linie, theile den Augendurchmesser in 16 Theile und bilde mit $2 \,.\, 1^1/_2 = 3$; $2 \,.\, 2 = 4$ und $2 \,.\, 4 = 8$ solcher Theile die drei eingezeichneten Quadrate, deren eine Seite mit der Verticalen zusammenfällt, welche durch den Mittelpunkt des Auges geführt ist, während die Horizontale, durch denselben Punkt, alle drei Quadrate halbirt. Die Eckpunkte 1, 2, 3, 4, 5 . . . 12 dieser Quadrate sind die Mittelpunkte der einzelnen Bogenstücke, aus denen die Schneckenwindung zusammengesetzt ist. Im Punkte n berührt die Schnecke das Auge, dieser Punkt steht von dem Mittelpunkte o um den halben Augendurchmesser ab $= 8$ Theile; ferner sind die Längen $om = 9$, $ol = 12$, $ok = 15$, $oi = 16$, $oh = 18$, $og = 24$, $of = 30$, $oe = 32$, $od = 36$, $oc = 48$, $ob = 60$, $oa = 64$ Theile $= 4$ Augendurchmesser. Das Bogenstück ab hat den Punkt 1, das Stück bc den Punkt 2, cd den Punkt 3, de den Punkt 4, ef den Punkt 5, fg den Punkt 6 etc. zum Mittelpunkte. Zur Verzeichnung der inneren Windung $a_1 b_1$ setzt man den einen Zirkelfuss um ca. $^1/_{32}$ des Augendurchmessers auf der Diagonalen 1,3 zurück und öffnet den Zirkel bis a_1; ebenso wird für das Bogenstück $b_1 c_1$ der Zirkelfuss auf der Diagonalen 2,4 zurück gesetzt etc., wobei aber die Zurücksetzung nach der Mitte zu immer geringer werden muss. Die mittlere Windung ist der Deutlichkeit halber aus der Zeichnung weggelassen; ihre Mittelpunkte liegen aber auf den oben erwähnten Diagonalen und lassen sich diese Windungen mit Hülfe der Fig. 279 leicht verzeichnen. Man findet nämlich die Verjüngungen, wenn man das Profil des Kanals so zeichnet, wie es sich am Anfange der ersten Umwindung gestaltet, über die Linie ab, Fig. 279, ein gleichschenkliges Dreieck von beliebiger Höhe errichtet und von allen Punkten des Profils gerade Linien nach der Spitze des Dreiecks zieht, dadurch, dass man die halbe Breite, an irgend einer Stelle zwischen den äusseren Linien der Windung, von o nach c und d trägt und von diesen Punkten Lothe auf die Schenkel des Dreiecks fällt. Zieht man durch diese Punkte eine

Fig. 279.



Horizontale *ef*, so sind die einzelnen Stücke derselben die zu *ab* proportionalen Theile für die betreffende Stelle der Schnecke. In ähnlicher Weise findet man die Tiefe des Kanals, wenn man die Grundlinie des Dreiecks verlängert und darauf eine Senkrechte errichtet. Trägt man rechtwinklig hierauf die anfängliche Tiefe *gh*, sowie die Tiefe *ik*, welche der Kanal am Auge haben soll, und verbindet beide Punkte durch eine Gerade, so ist *lm* die zu *ef* gehörige Tiefe des Kanals.

Die Abmessungen des Polsters, Fig. 276, sind folgende. Der Volutenrand hat eine Breite von 2½ P. und besteht aus zwei gegen einander gekehrten Viertelstäben; hierauf folgt ein flacher Karniess von 1¼ P. Breite, der nach innen 4½ P., nach aussen 3½ P. ausladet; hierauf kommt ein Plättchen ½ P. breit, dann eine Fase 1 P. breit, 2 P. aussen, 2½ P. innen ausladend. Das folgende Stäbchen ist 1½ P. breit mit 1 P. Ausladung; diesem folgt ein Plättchen von ½ P. Breite, welches 19⅓ P. lang ist und 5¾ P. von der Aussenkante zurückspringt. Hierauf folgt eine Kannelure von 2¾ P. Breite und dann ein Stäbchen mit zwei Plättchen zusammen von 3 P. Breite; das letztere Plättchen springt von der Aussenkante der Volute 7½ P. zurück. Die nun folgende Kannelure ist 4¾ P. breit, der ein Stäbchen mit zwei Plättchen folgt, die zusammen wieder 3 P. breit sind und von denen das letzte Plättchen 8½ P. von der äusseren Volutenkante zurückspringt; diese Glieder wiederholen sich noch einmal mit einem Rücksprung der letzten Platte von 10 P.; nun folgt noch eine Kannelure von 5 P. Breite, die bis zur Wand reicht.

c. **Die korinthische Säule.** — Von den korinthischen Bauwerken der Hellenen sind nur zwei erhalten worden: der Thurm der Winde des **Andronikos Kyrrhestes** zu Athen und das choragische Monument des **Lysikrates**, ebendaselbst. Die Säule vom Thurm der Winde (nach den acht Reliefs, welche die Hauptwinde darstellen, benannt) zeigt Fig. 280. Der Schaft derselben steht nach Art der dorischen Säulen ohne Basis direct auf dem Unterbau; er hat einen unteren Durchmesser von 0,504 Meter. Das Kapitäl ist durch ein Stäbchen **(Astragal)** vom Schafte getrennt und hat in der untern Reihe 8 akanthusartige Blätter, hinter denen 16 andere Blätter gegen die runde Platte des belasteten quadratischen Abacus emporstreben. Die ganze Höhe der Säule beträgt 16 M. 16½ P., wovon auf den Schaft 14 M. 16½ P. kommen; der letztere hat einen oberen Durchmesser von 50 P. Von oben nach unten gemessen hat das Kapitäl folgende Abmessungen: der Viertelstab ist 3 P. hoch bei 42½ P. Ausladung; das Plättchen hat 1¼ P. Höhe und 40½ P. Ausladung; die Viertelkehle ladet aus 37¾ P., ist hoch 5¾ P.; die runde Platte hat 2 P. Höhe und ist das ganze Kapitäl bis zum Astragal des Schaftes 60 P. hoch. Die acht grossen Akanthusblätter sind 23¾ P. hoch, bei einer Breite von 20 P., wobei sich die Blattspitzen auf 7 P. Höhe umschlagen. Das Astragal ist 3 P. hoch und hat 30 P. Ausladung; das darunter liegende Plättchen hat eine Höhe von 1⅔ P. bei 28 P. Ausladung.

Fig. 280.



Fig. 281.



Die Ansicht der schönen korinthischen Säule vom Monumente des Lysikrates ist in Fig. 281 dargestellt. Der untere Schaftdurchmesser beträgt 0,333 Meter, der obere 50 P. und ist die ganze Säule 19 M. 28½ P. hoch; wovon auf die Basis 21 P., auf den Schaft 16 M. 14½ P. und auf das Kapitäl 2 M. 23 P. kommen. Die Abmessungen der Plinthe sind die folgenden. Höhe des Sockels 26½ P. bei 73 P. Ausladung, dann folgt ein Rundstäbchen von 4 P. Höhe und darauf ein Plättchen von 1 P. Höhe und 55 P. Ausladung. Der Ablauf unter der Basis hat 45½ P. Ausladung bei einer Höhe von 12½ P. und folgt hierauf der Rundstab der Basis 7½ P. hoch, 45 P. ausladend, dann ein Plättchen 1 P.

hoch, $41\frac{1}{2}$ P. ausladend; hierauf eine 7 P. hohe Scotia, der ein Plättchen von 1 P. Höhe und 39 P. Ausladung folgt. Der jetzt folgende Rundstab ist $4\frac{1}{2}$ P. hoch bei $38\frac{1}{2}$ P. Ausladung und endlich das Plättchen mit Anlauf unter dem Schafte ist hoch 1 P. bei $35\frac{1}{2}$ P. Ausladung. Die Stege des Schaftes haben unten eine Breite von $1\frac{3}{4}$ P. und beginnen die Kanneluren $2\frac{1}{2}$ P. von der Unterkante des Schaftes, wobei die innere Ausladung 27 P. beträgt.

Die Höhenabmessungen des Kapitäls, sowie die Ausladungen der Details sind in dem Längenschnitte Fig. 282 eingeschrieben, während der Horizontalschnitt und die Ansicht unter dem Abacus, Fig. 283, die übrigen Dimensionen eingeschrieben enthält. Die Detailabmessungen des Abacus sind: Höhe des oberen Viertelstabes 3 P., Ausladung desselben $31\frac{1}{2}$ P.; Höhe des Plättchens darunter 1 P., Ausladung $29\frac{1}{2}$ P.; Höhe der Kehle $7\frac{1}{2}$ P.; Höhe des Plättchens darunter $1\frac{1}{2}$ P., Ausladung 26 P. Die 16 kleinen Blätter des untersten Kymatienkranzes sind 14 P. hoch und $8\frac{1}{2}$ P. breit, mit $2\frac{1}{2}$ P. hohen Umschlägen; diese Blätter haben oben eine Ausladung von 29 P., unten von 25 P. Die acht grossen Akanthusblätter sind 27 P. hoch, 28 P. breit; deren Umschläge sind 7 P. hoch; sie laden aus, oben $38\frac{1}{2}$ P., unten 25 P.; der tiefste Punkt des Akanthuslaubes, der Voluntenträger, hat 25 P. Ausladung.

Fig. 282.

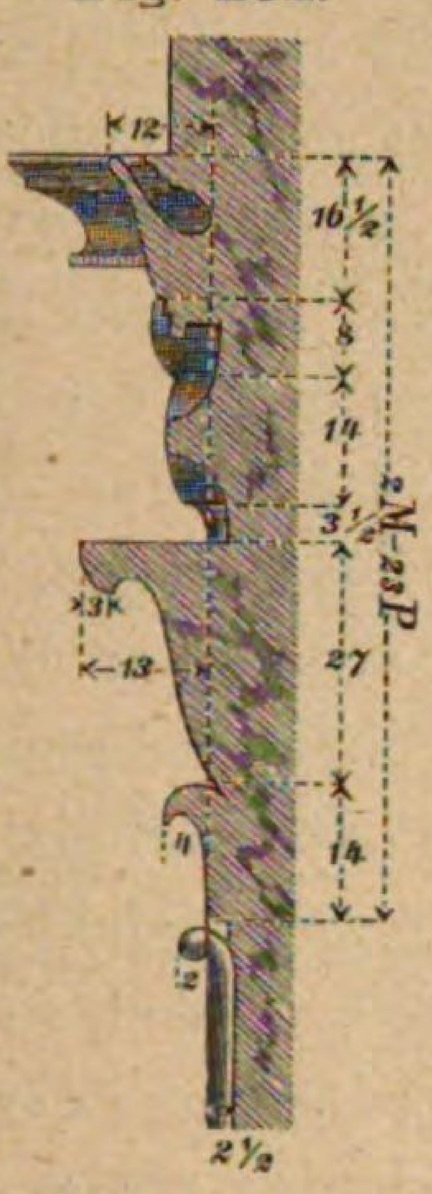
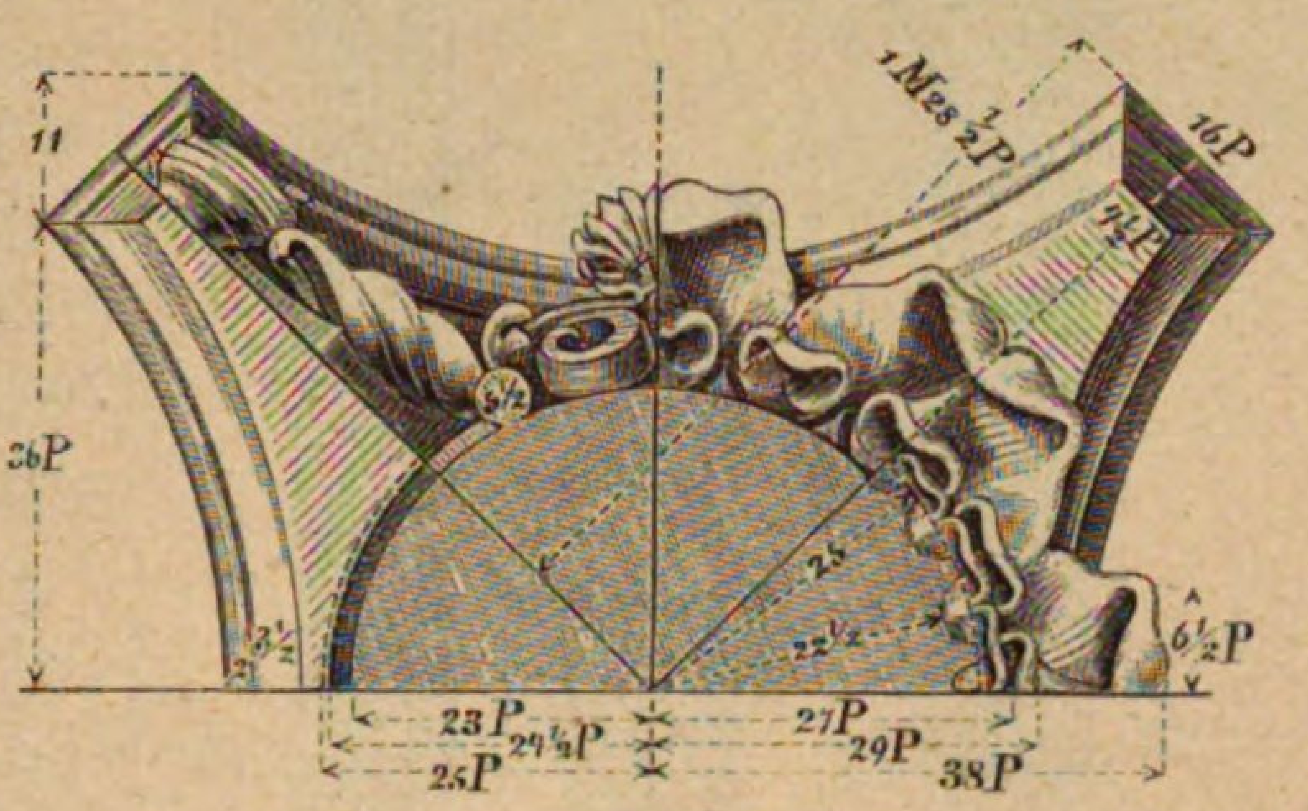


Fig. 283.



Die Rhabdosis des Schaftes läuft in einem Kranz von Kymatien (Blätter mit wellenartigen Umschlägen) aus, über den sich ein anderer aus 16 Blättern bestehender Kymatienkranz erhebt, der die 8 vor- und zurückstehenden Akanthusblätter unterstützt. Hinter diesen Blättern entwickeln sich die Kelche der 4 Hauptvoluten, die energisch gegen die Ecken des Abacus empor streben. Die Mittelvoluten wickeln sich sowohl nach unten wie nach oben und halten zwischen sich eine Palmette empor als Zeichen des Triumphes der Stütze über die Last. Die geringe Höhe des Abacus und die im Grundrisse bogenförmigen Einziehungen desselben deuten an, dass die Last gering ist, und dass es der Stütze leicht wird, diese zu bewältigen.

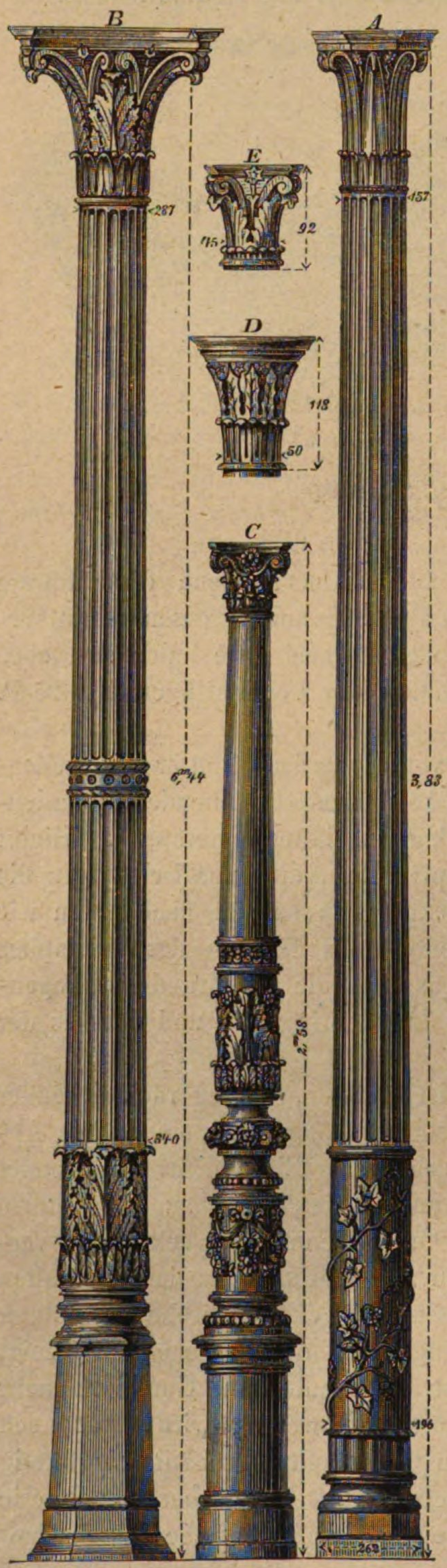
Das Material der vorstehend beschriebenen Säulen ist Marmor, dessen rückwirkender Festigkeit die Querschnittsdimensionen der Säule einigermassen angepasst sind. Die Abmessungsverhältnisse der Säulen aus Stein werden für solche aus Eisen nicht angewendet werden können, da das Eisen eine viel grössere Festigkeit besitzt, daher auch als Stütze wesentlich kleinere Querschnittsabmessungen erhalten muss, wenn es zweckmässig verwendet werden soll. Durch diese kleinen erforderlichen Querschnittsdimensionen erhalten die gusseisernen Säulen eine geringe Körperlichkeit, wodurch deren ästhetische Ausbildung schwierig wird, indem es gewissermassen an Materie mangelt, an der die Schönheit gezeigt werden könnte. Aus diesem Grunde ist man veranlasst, den Säulen aus Gusseisen mehr Körperlichkeit zu geben, als zur Erfüllung ihrer Function nothwendig wird, was auch bequem dadurch erreicht werden kann, dass man den Querschnitt der Säule ringförmig gestaltet, die Säule also hohl ausführt. Durch diesen scheinbaren Ueberschuss an Materie geht aber leicht wieder, wie **Lucae***) richtig sagt, eine charakteristische Eigenschaft

*) Vergl. den Vortrag des Herrn Professor **R. Lucae**, gehalten im Archit.-Verein zu Berlin. Erbkam. 1870. S. 532.

des Eisens verloren, die es auch in seiner ästhetischen Erscheinung unter allen Umständen zu bewahren hat, nämlich die, **dass es zierlich bleiben und trotzdem den Eindruck der Festigkeit hervorrufen muss.**

Die beiden gusseisernen Säulen *A* und *B*, Fig. 284, sind für die Villa **Krupp** bei Essen ausgeführt und in **Jlsenburg** am Harz gegossen. Die Säule *C* wurde von dem Eisenwerke **Lauchhammer**, in der preussischen Provinz Sachsen, nach den Entwürfen von **Lüdecke** für das Schloss Kaminietz angefertigt. Sie hat ein Gewicht von 222,5 Kilogr. und kostet 145,5 Mark. Bei dieser Säule ist zu bemerken, dass die scharfen Einziehungen des Schaftes in der Nähe der Säulenmitte constructiv unrichtig sind und daher unschön wirken. Solche Verschwächungen des Schaftes haben in mehreren Fällen den Einsturz der von ihnen gestützten Gebäudetheile nach sich gezogen.

Fig. 284.



Wollte man lange Säulen mit allen Ornamenten in einem Stücke giessen, so würden bedeutende praktische Schwierigkeiten zu überwinden sein und doch würden nicht leicht saubere Detail-Formen erzielt werden können, weil so lange Modelle nicht mit der nöthigen Sorgfalt aus der Sandform zu heben sind. Blätter und sonstige Ornamente werden daher für sich abgegossen und an den Säulenschaft angeschraubt oder angenietet. Oft werden auch die Säulenkapitäle, aus zwei oder mehreren Theilen bestehend, in Zinkguss ausgeführt und mit kleinen Schrauben an der Säule befestigt, oder die Theile werden um dieSäule gelegt und dann mit Zinn zusammengelöthet.

Das kleine Kapitäl *D*, Fig. 284, kostet bei **F. Kahle u. Sohn** in Potsdam in Zinkguss ausgeführt, $1^1/_2$ Mark; das Kapitäl *E* kostet nur 1 Mark und das in Fig. 285 dargestellte $5^1/_2$ Mark. Ein ionisches Kapitäl nach dem Muster Fig. 275 von 36,5 Centim. Halsdurchmesser kostet bei derselben Firma 72 Mark.

Die in Fig. 286 dargestellte Säule ist von **Schinkel** erfunden und für die Treppe im Palais des Prinzen Karl in Berlin ausgeführt worden. Aus dem zweiten Blattkelch wachsen die Ranken für die beiden Candelaberarme hervor, welche sich nach unten umwickeln und einen Stützpunkt am Säulenschafte suchen, während eine aus den beiden Zweigen der Ranken herauswachsende Palmette beide Rankentheile gegen einander abstützt. Das Kapitäl dieser Säule ist nach dem Schema des korinthischen Kapitäls vom Thurm der Winde gebildet, jedoch ohne den quadratischen Abacus. Schön und einfach ist die Basis der Säule geformt.

Fig. 285.



Eine vom Bildhauer **Jungermann** in Berlin modellirte Säule zeigt Fig. 287; dieselbe wurde in Terra cotta ausgeführt. Ihre Verhältnisse sind für Gusseisen nicht schlank genug

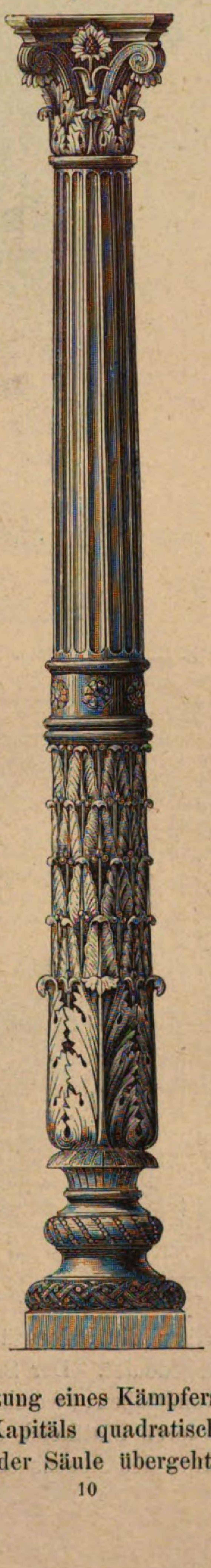
und ist namentlich die Basis zu hoch, ebenso der untere Blattkelch; auch die Anzahl der Kanneluren ist zu gering.

Die Blätter, welche den unteren Theil des Schaftes schmücken, werden oft aus starkem Zinkblech getrieben und mit Zinn zusammengelöthet. Auf diese Weise können die schwungvollsten Blätter gebildet werden, und verdienen diese den Blättern aus Gusseisen jedenfalls vorgezogen zu werden, da sie nicht so leicht zerbrechlich und dabei billiger in der Ausführung sind.

Fig. 286.



Fig. 287.



Zwei Säulen, von **Stüler** für den Erker eines Wohnhauses in Berlin entworfen, zeigen Fig. 288 und 289. Die erstere hat ein schönes Höhenverhältniss und obgleich der Schaft sehr einfach in der Decoration gehalten ist, wirkt er doch vortrefflich durch seine Zierlichkeit.

Die prächtige Säule Fig. 290 ist von **Hitzig** erfunden; sie wurde für die **neue Börse** zu Berlin von dem Eisenwerke **Jlsenburg** am Harz gegossen. Das schöne Kapitäl dürfte wohl das vollendetste sein, was je in Eisen ausgeführt ist; ebenso schöne und harmonische Verhältnisse zeigt die Basis dieser Säule.

Die Fig. 291 und 292 zeigen zwei sehr schöne Kapitäle von den Säulen der eisernen Treppe im **Handelsministerium** zu Berlin. Dieselbe wurde von **Emmerich** entworfen und in der **Wilhelmshütte** bei Seesen im Herzogthum Braunschweig ausgeführt. Dieses Hüttenwerk, unter der Direction des Herrn Ingenieurs **Janisch**, liefert ausgezeichnet saubere Gusswaaren. Die oben genannte Treppe gehört zu den schönsten, welche in Gusseisen zur Ausführung gekommen sind. Der quadratische Aufsatz *a* dient zur Aufnahme der Treppenwangen und Podestträger.

Das Kapitäl Fig. 293 kommt im Treppenhause der **Börse** in **Frankfurt** a/M vor. Es ist von **Stüler** entworfen und dient zur Unterstützung eines Kämpfers für zwei halbkreisförmige Bogen; daher ist der obere Theil des Kapitäls quadratisch geformt, während der untere Theil in den kreisförmigen Querschnitt der Säule übergeht.

Die einfach schönen Formen des Kapitäls verrathen die Meisterhand, welche es geschaffen hat, und ist der Triumph der Stütze über die Last durch das leicht empor wachsende

Fig. 290.

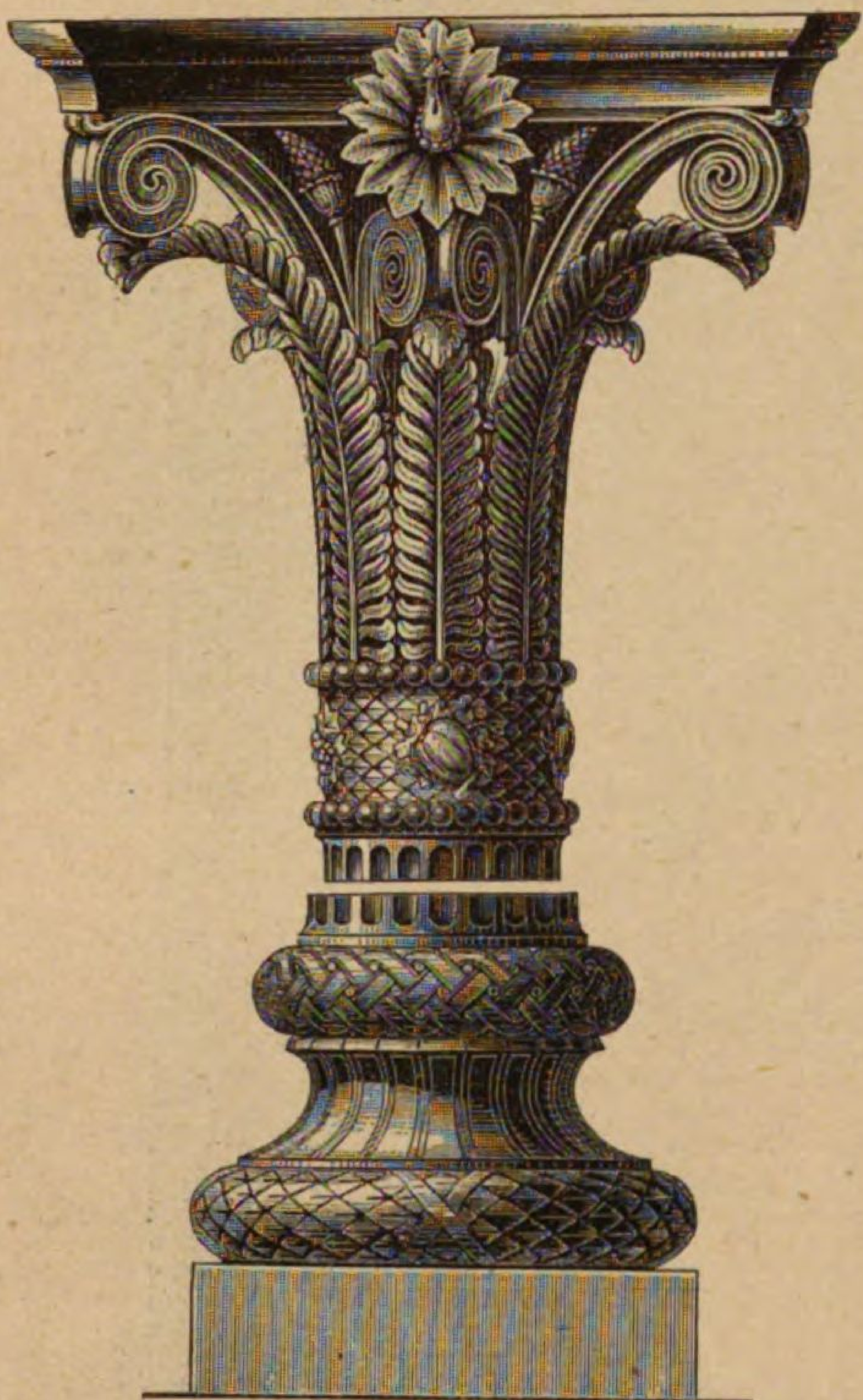


Fig. 291.



Fig. 292.



Fig. 288.



Fig. 289.



Fig. 294.

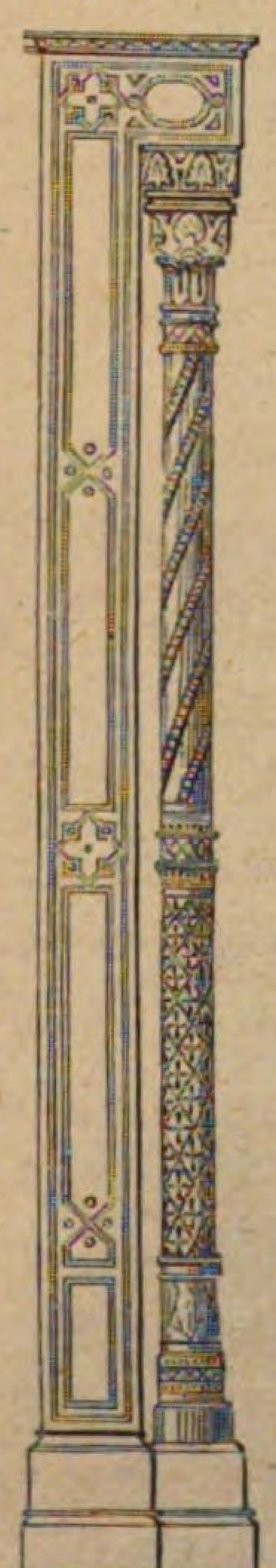
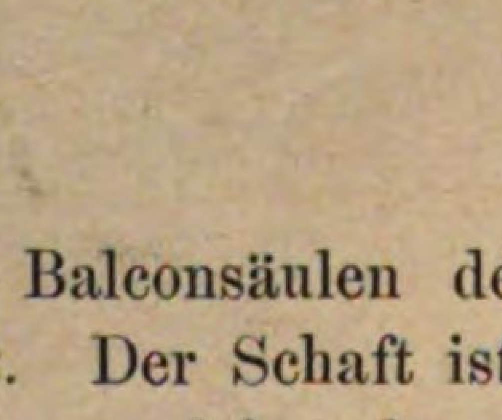


Fig. 293.



Fig. 295.



Blatt- und Blumenornament lebhaft ausgedrückt.

Sehr schlanke und prächtig ornamentirte eiserne Säulen sind in der von **Knoblauch** erbauten **neuen Synagoge** zu Berlin ausgeführt. Fig. 294 zeigt eine derselben und Fig. 295 das Detail eines Kapitäls, in dem der Conflict zwischen Last und Stütze prägnant dargestellt ist.

Fig. 296 giebt das Detail des Kapitäls zu den gekuppelten Säulen der steuerfreien Niederlage in Harburg (s. Fig. 251 und 252). Die Horizontalschnitte A_1 und B_1 sind nach den Linien AA und BB gedacht. Das Kapitäl ist nicht mit der Säule in einem Stücke, sondern separat gegossen, und hat nur ca. 5 Millim. Wandstärke; es ist mit kleinen Schrauben an der Säule befestigt.

Ein sehr originelles Kapitäl, von **M. Gropius** erfunden, haben die Balconsäulen der Irrenanstalt **Neustadt-Eberswalde;** dasselbe ist in Fig. 297 angedeutet. Der Schaft ist nicht kannelirt, sondern er besteht aus aneinander gereihten Rundstäben, welche oben durch zwei Stäbchen zusammengehalten werden. Aus dem unteren Blattkelch entspringen vier Blätter, aus deren Mitte eine starke Staude gegen die Mitte des Abacus emporwächst. Dieser ist im Grundrisse kreuzförmig gestaltet, doch so,

dass seine grösste Breite nur $^1/_3$ und die kleinere nur $^1/_7$ der Länge desselben beträgt, wobei die inneren Ecken des Kreuzes stark ausgerundet sind. Zwei seitliche Ranken, von zwei kräftigen Blättern unterstützt, wachsen gegen die Längenrichtung des Abacus, denselben

Fig. 296.

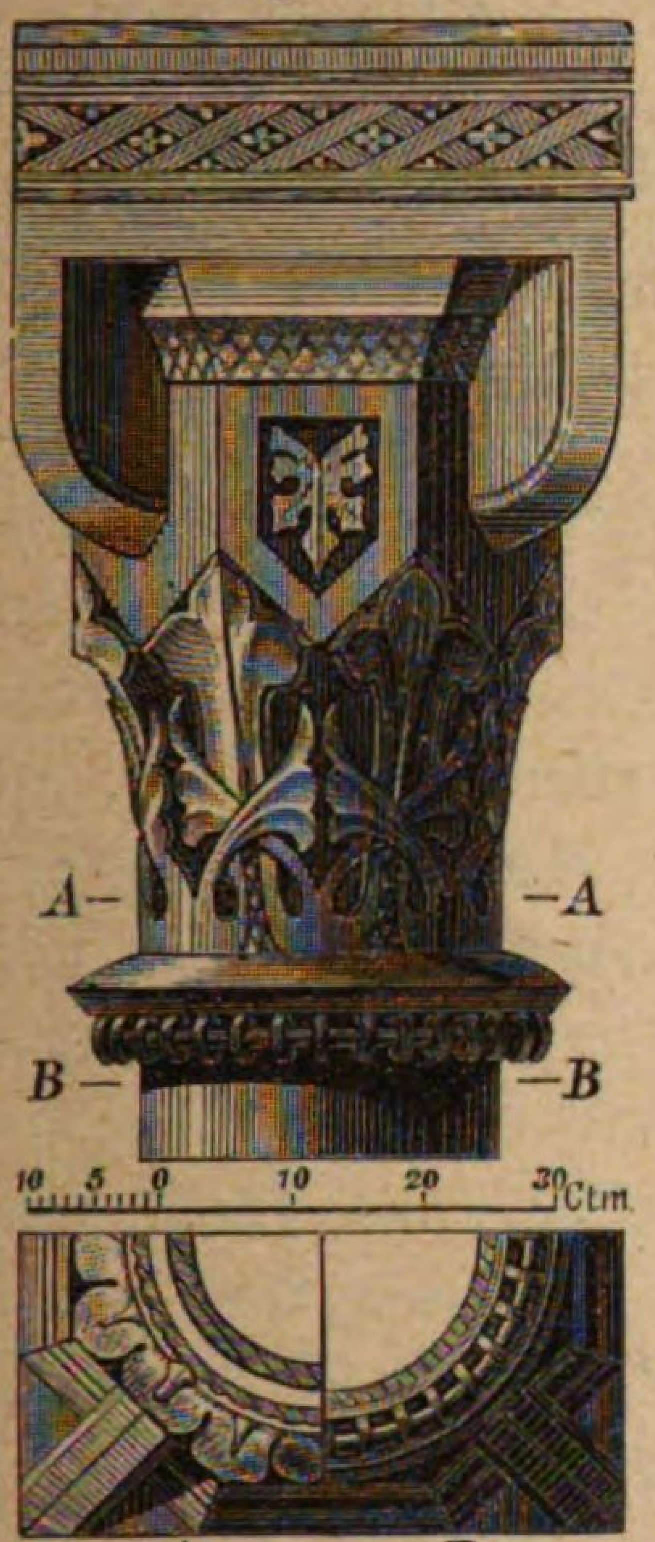


Fig. 297.

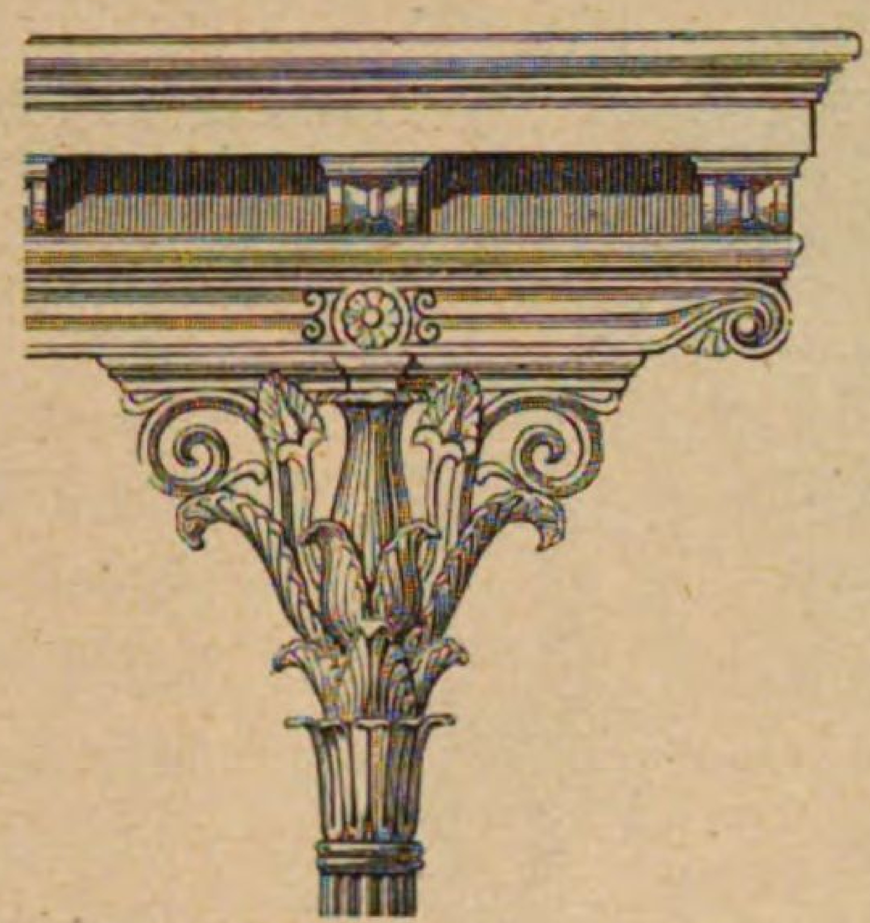


Fig. 298.

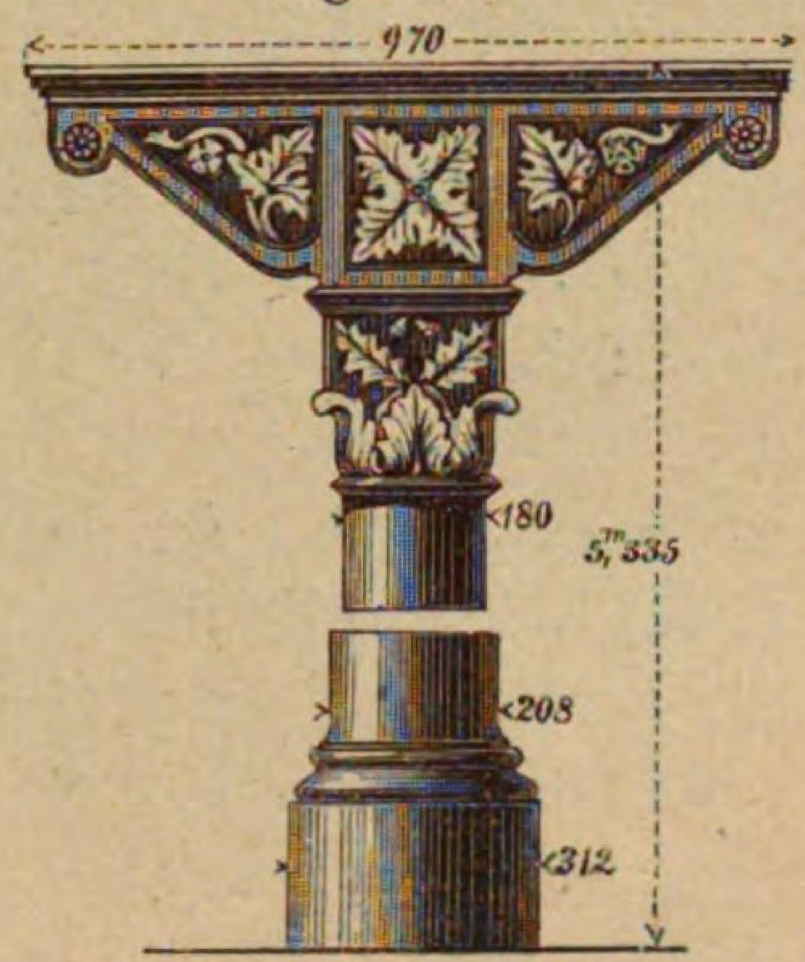


Fig. 299.

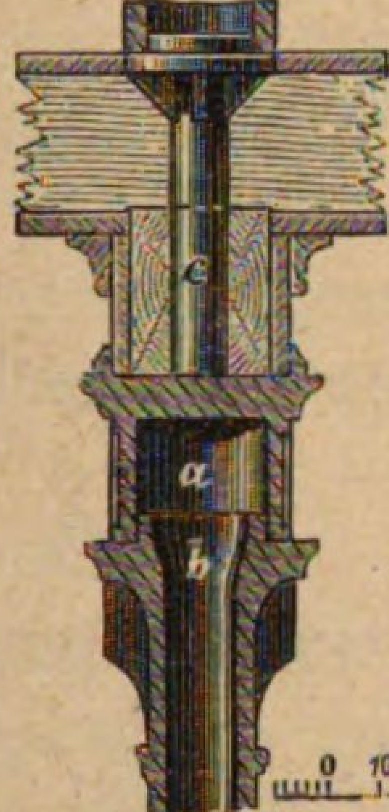


Fig. 300.

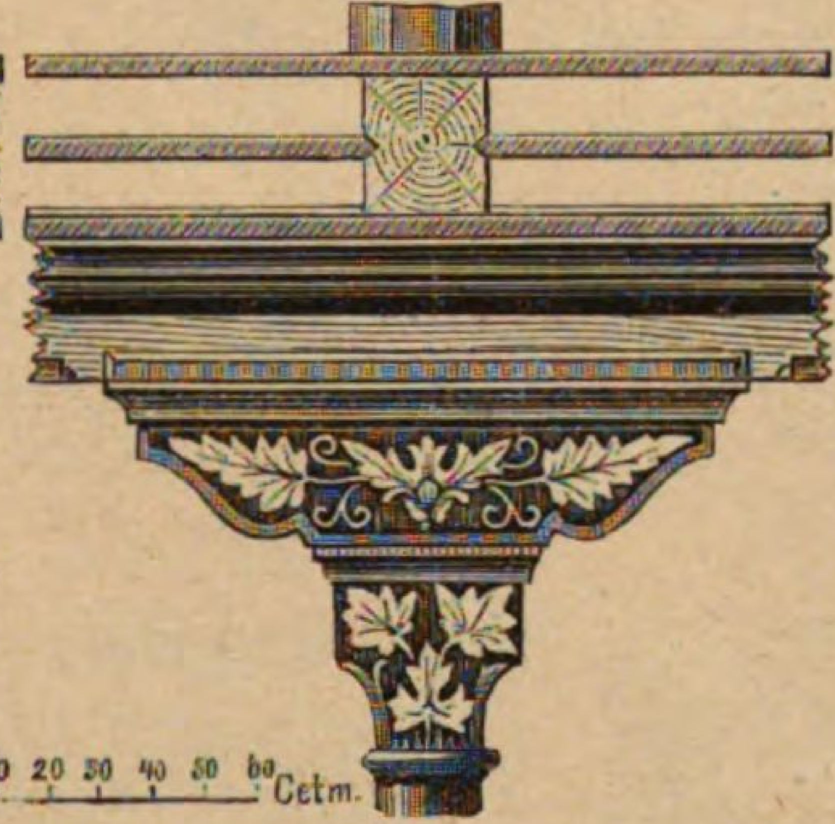
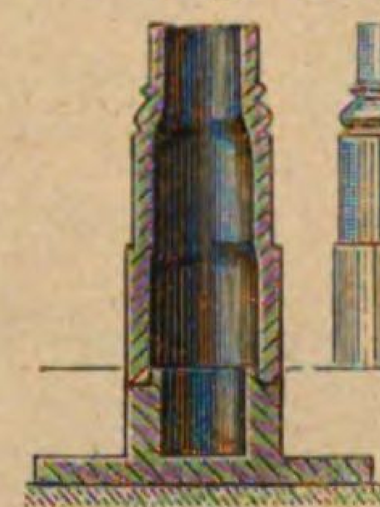


Fig. 301.



Fig. 302.



in energischer Weise stützend. Die beiden neben den Ranken emporwachsenden Blüthen deuten den Triumph der Stütze an.

Die einfache Säule Fig. 298 hat zwei seitliche Consolen, welche zur Unterstützung des Trägers auf einer grösseren Länge dienen, damit die freitragende Länge des Trägers geringer wird und derselbe ein längeres Auflager findet. Diese Säule ist in **Jlsenburg** ausgeführt.

Fig. 303.



Eine ähnliche Säule aus dem von **A. Cremer** erbauten **Anatomie-Gebäude** zu Berlin ist in Fig. 299 bis 302 wiedergegeben. Der Längenschnitt Fig. 299 und 302 zeigt die Zusammensetzung der einzelnen Säulentheile. Das Consol *a*, Fig. 299, setzt sich auf einen runden Zapfen der Säule *b*, wobei natürlich die Zusammensetzungsstellen abgedreht sein müssen. Die Uebertragung des Druckes der Säule aus dem oberen Geschosse auf die unteren Säulen wird durch eine kurze Zwischenstütze *c* vermittelt. Diese ist durch den durchlochten Balken und Träger gesteckt und steht mit der unteren gerade gedrehten Fläche auf dem Consol *a*, während dieselbe oben einen durch vier Rippen verstärkten Kopf hat, auf dem sich die obere Säule aufsetzt. Die Uebertragung des Säulendruckes auf das Fundament ist durch eine genügend grosse Fussplatte, Fig. 302, bewirkt; dieselbe ist so construirt, dass die Säule selbst noch etwas unter den Fussboden reicht.

Der consolartige Kapitälaufsatz, Fig. 303, ist für die Säulen der Perronhallen auf dem Bahnhofe **Eydtkuhnen** ausgeführt und dient zur Unterstützung der Dachbinder. Im

Grundrisse ist die Kopfplatte der Consolen kreuzförmig gestaltet, indem der Binder und zugleich der Träger für die Zwischenbinder von ihr unterstützt wird.

Ein anderer derartiger Kapitälaufsatz mit zwei Consolen ist in Fig. 304 dargestellt. Diese Säulen sind von dem Eisenwerke **Lauchhammer** für den **Lehrter Bahnhof** zu Berlin ausgeführt und wiegt eine Säule mit dem Aufsatze 275 Kilogr.; dieselbe kostet 107 Mark.

Fig. 304.

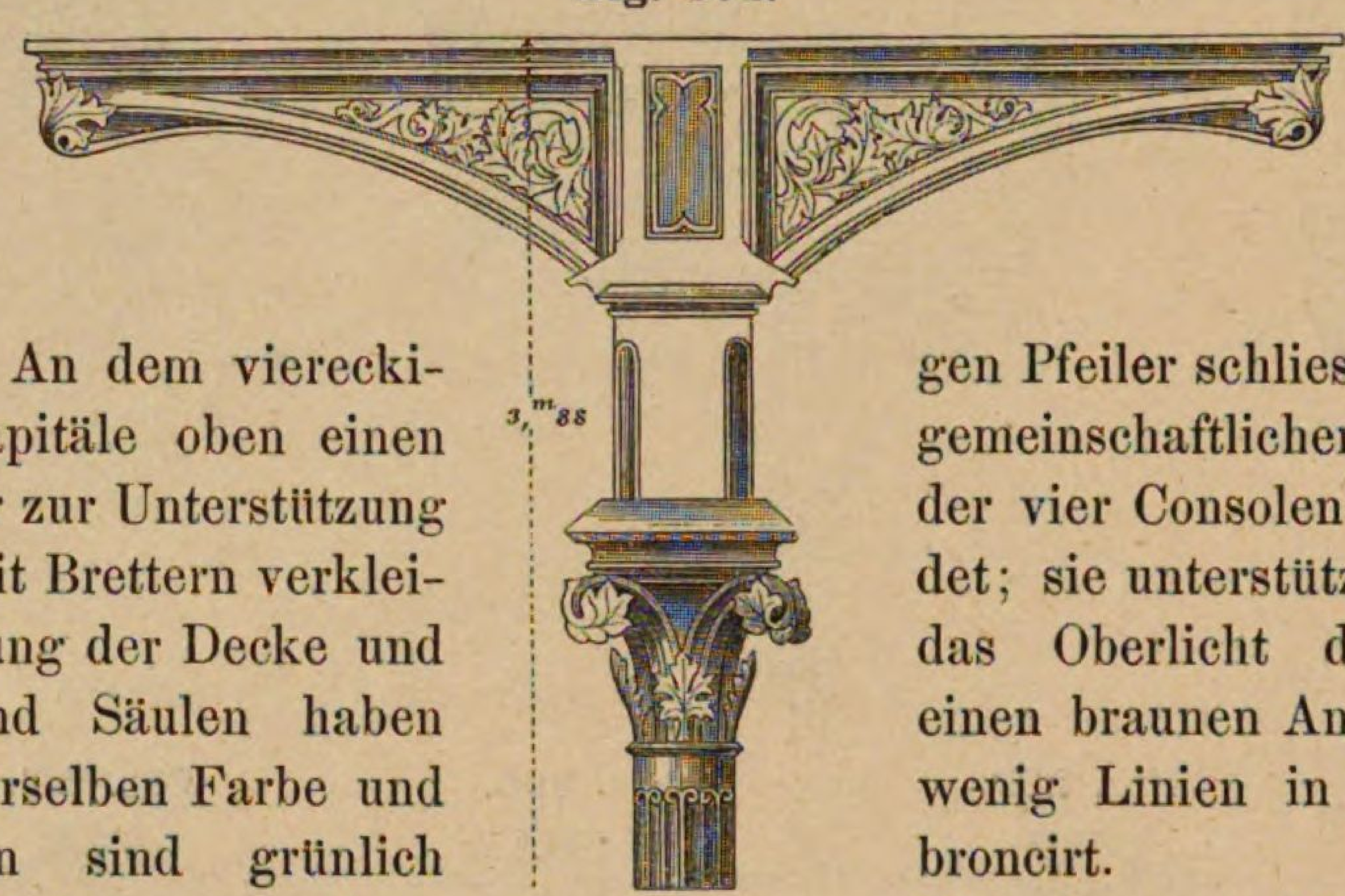


Fig. 305 zeigt die Unterstützung der Deckenträger im Sitzungssaal der Servis-Verordneten im **Rathhause** zu Berlin. An dem viereckigen Pfeiler schliessen sich vier Halbsäulen, deren Kapitäle oben einen gemeinschaftlichen kreuzförmigen Abacus haben, der zur Unterstützung der vier Consolen dient. Die eisernen Träger sind mit Brettern verkleidet; sie unterstützen das Gebälk, an dem die Cassettirung der Decke und das Oberlicht derselben befestigt sind. Decke und Säulen haben einen braunen Anstrich erhalten mit Ornamenten in derselben Farbe und wenig Linien in Gold. Die Kapitäle und Säulen sind grünlich broncirt.

Eine Säule mit den zugehörigen Consolen, welche das Dach der Perronhallen auf dem Bahnhofe **Vohwinkel** tragen, ist in Fig. 306 wiedergegeben. Die hohlgegossenen Säulen leiten das Regenwasser in die unterirdischen Abzugskanäle, deshalb hat der Säulenfuss unten einen Ansatz, in dem das Abzugsrohr befestigt ist. Die quadra-

Fig. 305.

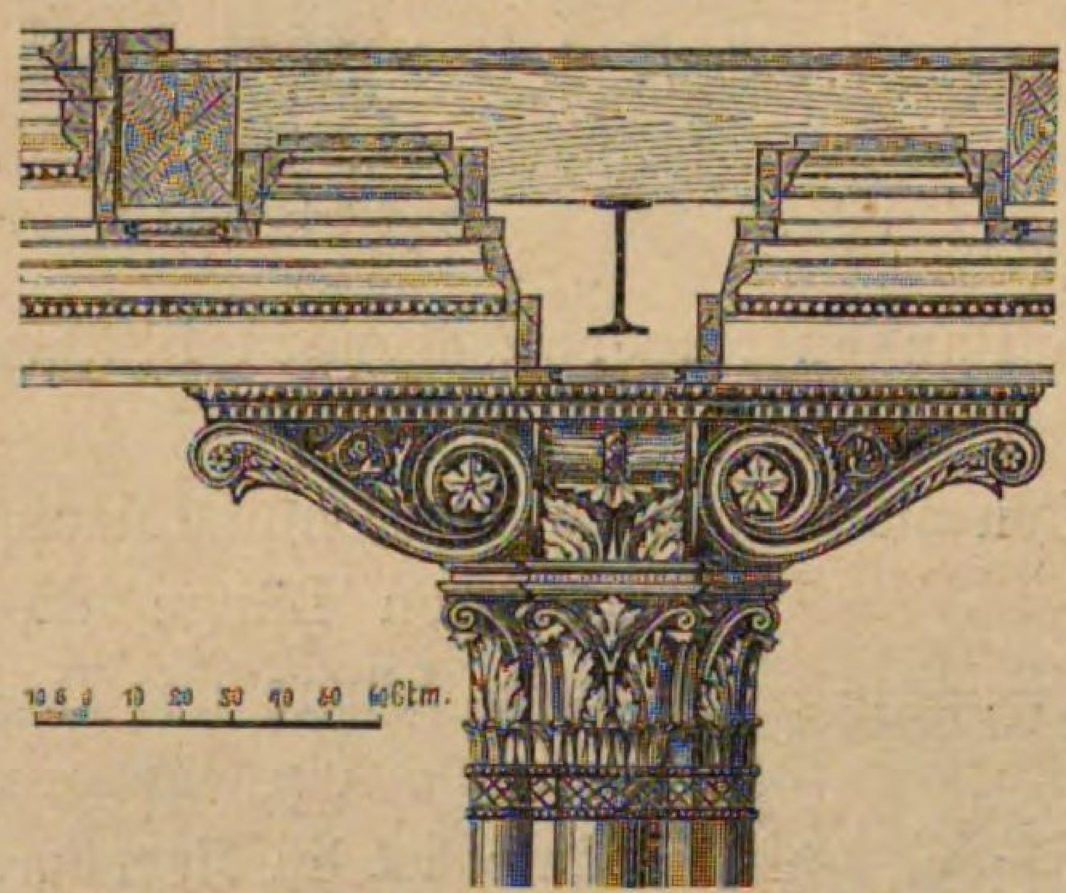
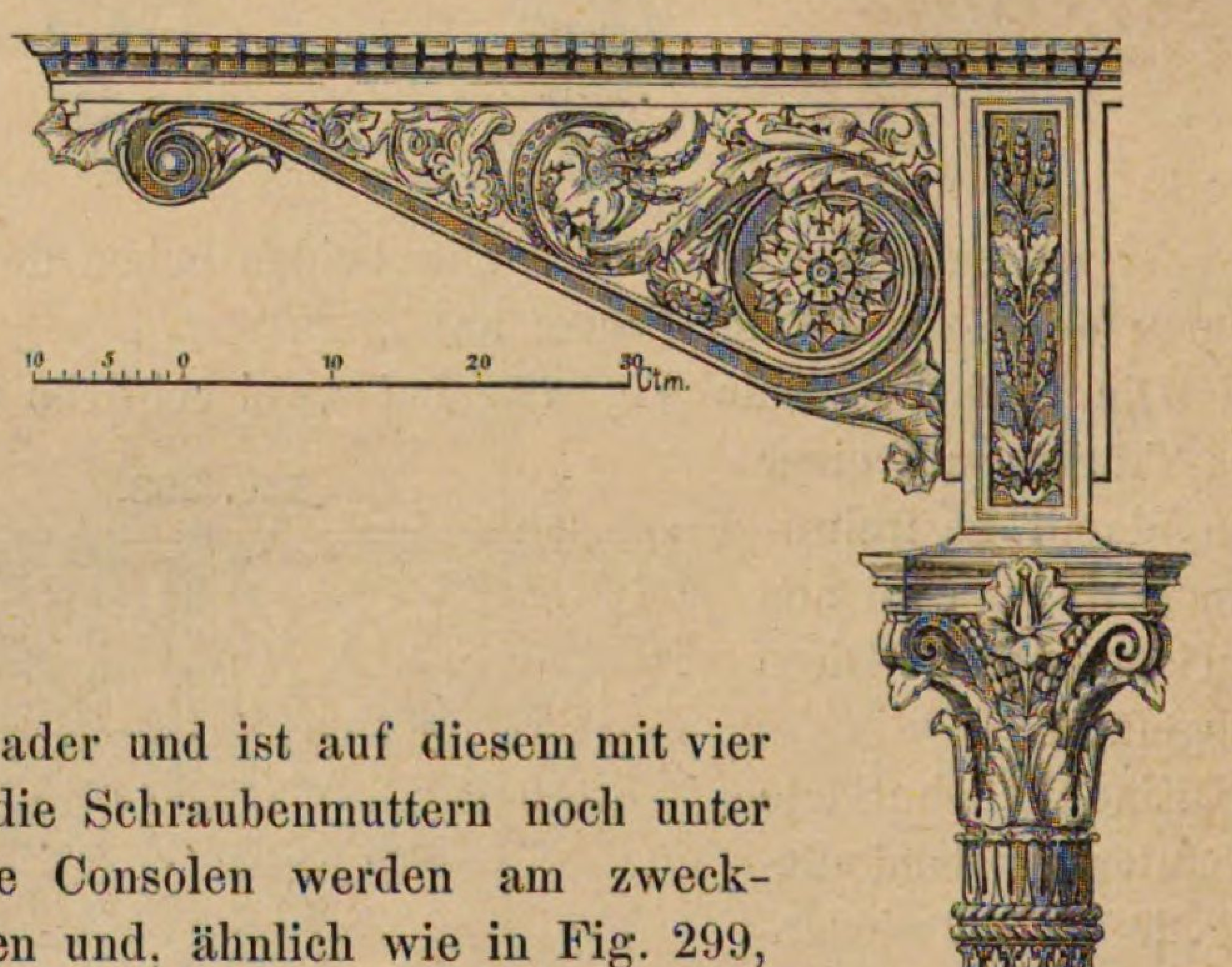


Fig. 306.



tische Fussplatte steht auf einem Quader und ist auf diesem mit vier Schrauben befestigt, doch liegen die Schraubenmuttern noch unter dem Fussboden des Perrons. Die Consolen werden am zweckmässigsten in einem Stücke gegossen und, ähnlich wie in Fig. 299, auf einem Zapfen der Säule oberhalb des Kapitäls mit dieser verbunden. In einem späteren Abschnitte wird die Perronhalle, wozu diese Säule gehört, ausführlicher beschrieben werden.

In Fig. 307 und 308 ist die Zusammensetzung einer Säule dargestellt, die durch mehrere Geschosse reicht, und die für die **polytechnische Schule***) zu Aachen zur Ausführung gekommen ist. Die Träger *a*, welche auf den Consolen des Kapitälaufsatzes ruhen, sind durch die beiden Laschen *b* mit einander verbunden; diese letzteren gehen durch entsprechende Oeffnungen der Säule. Die Balken, worauf der Fussboden *g* befestigt ist, liegen dicht an den Säulen und sind die Staakhölzer *f* in den Balken eingelassen, wobei sie aber noch von

*) Entw. von Herrn Baurath **Cremer**, mitgetheilt von Herrn Baumeister **Esser** in Erbkam's Zeitschrift f. Bauwesen 1871. S. 5—20.

angenagelten Latten unterstützt werden. Ueber den Staakhölzern ist eine Lehmschicht *d* ausgebreitet. Der Zapfen *h* von der oberen Säule greift in die untere Säule und ist in derselben noch ein Ansatz *i* vorhanden, so dass also für jede Stossverbindung zwei Stützflächen vorkommen, was jedoch nicht empfehlenswerth ist, indem die Verbindung nicht leicht so genau ausgeführt wird, dass beide Flächen zum Tragen kommen; der Ansatz *i* hätte wegbleiben können.

Die durchschnittliche Tiefe der Räume beträgt bei diesem Schulgebäude 7,85 Meter, daher genügte eine Unterstützung der Balken in deren Mitte, und bestehen die Unterzüge, wie in dem Schnitte Fig. 309 angedeutet, aus gewalzten I-Eisen. Die Etagenhöhen sind in Fig. 309 eingeschrieben, wobei noch zu bemerken ist, dass die Aula eine Höhe von 12,24 Meter hat. Die Säulen haben einen Durchmesser von 15,7 resp. 18,3 Centim. und 2 resp. 2,6 Centim. Wandstärke erhalten.

Fig. 307.

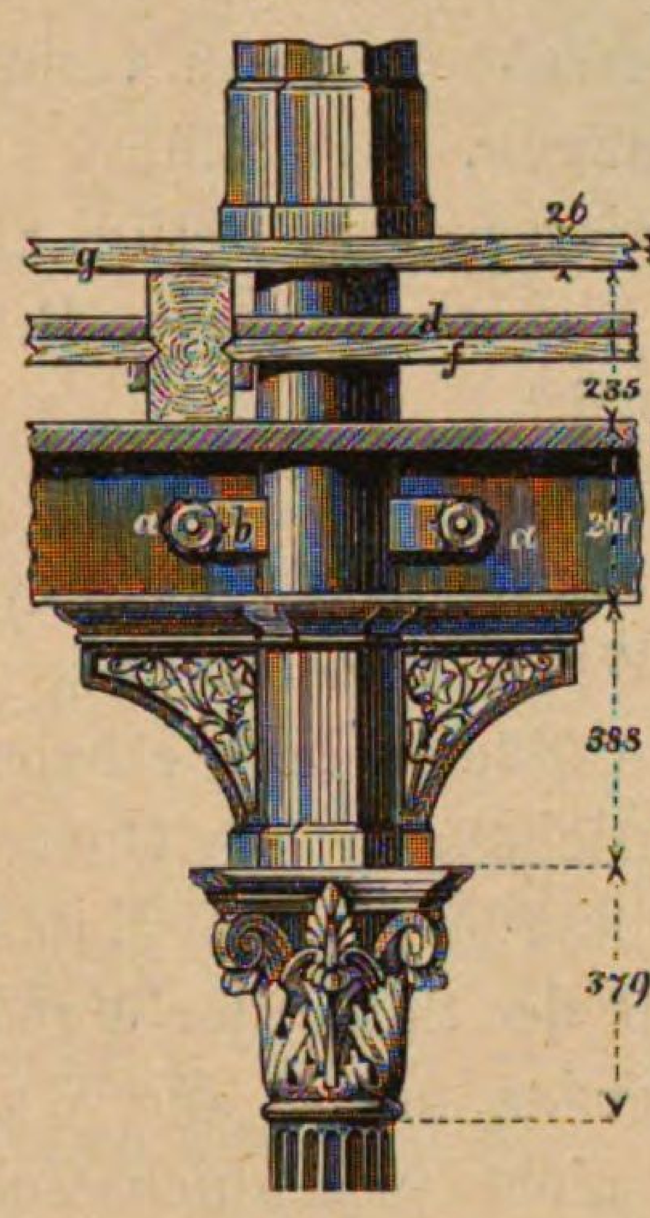


Fig. 308.

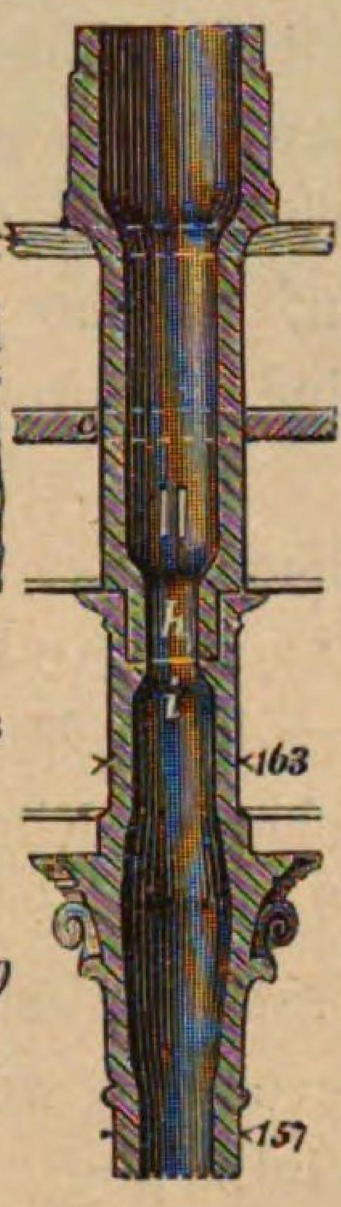
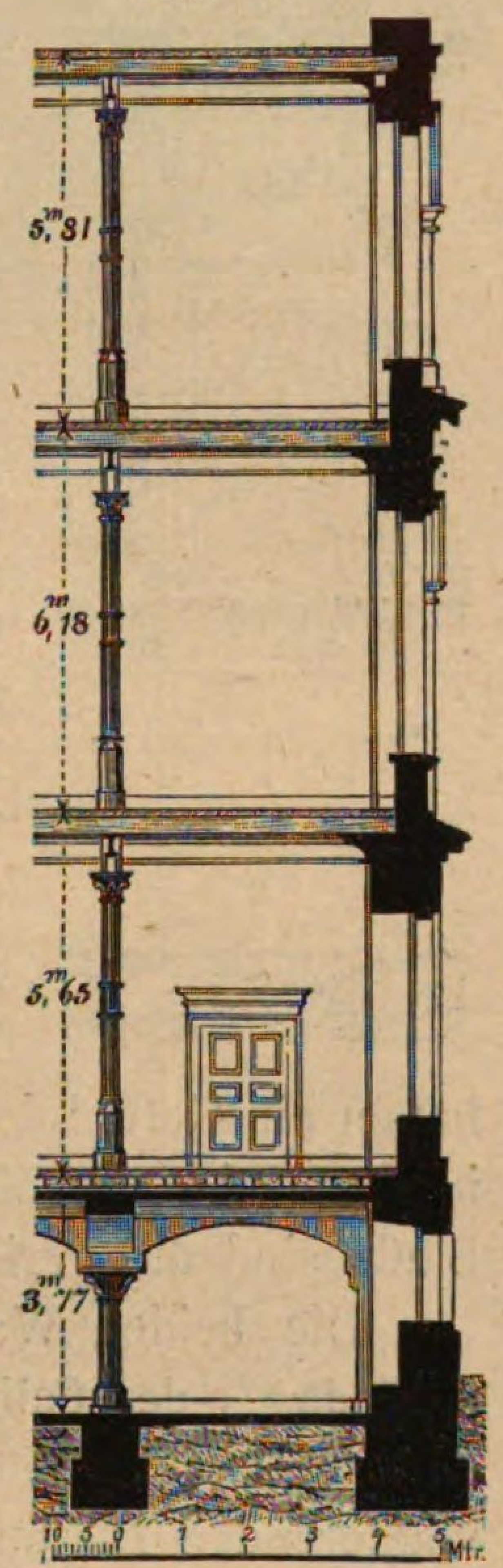


Fig. 309.



Nach Fig. 310 und 311 wurden die eisernen Träger auf eiserne Unterlagsplatten gelegt und so eingemauert, dass sie gegen Umkippen geschützt waren, oben aber Spielraum hatten, damit ihre horizontale Lage hergestellt werden konnte, nachdem sich die Mauern gesetzt hatten. Da die verwendeten Feldbrandziegel sehr unregelmässige Formen hatten und daher nicht dicht aufeinander gemauert werden konnten, so war auf ein starkes Setzen der Mauern zu rechnen. Die eisernen Träger wurden aus diesem Grunde gleich Anfangs in den Mauern 2,5 Centim. höher gelegt, als auf den eisernen Säulen. Nachdem aber das Mauerwerk sich gesetzt hatte, zeigte sich, dass die früher höher liegenden Enden der Träger in den Mauern nun bis zu 3 Centim. tiefer lagen, als auf den Säulen. Das Mauerwerk hatte sich somit bei einer Gesammthöhe von ca. 21,4 Meter um 5 bis 6 Centim. gesetzt. Die horizontale Lage der Träger wurde durch eiserne Keile hergestellt, die man zwischen Unterlagsplatte und Träger eintrieb.

Fig. 310.

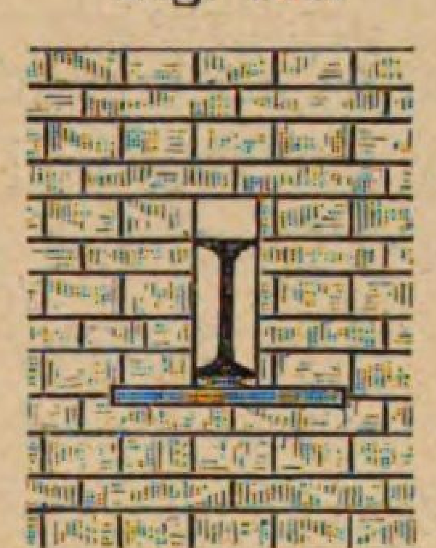
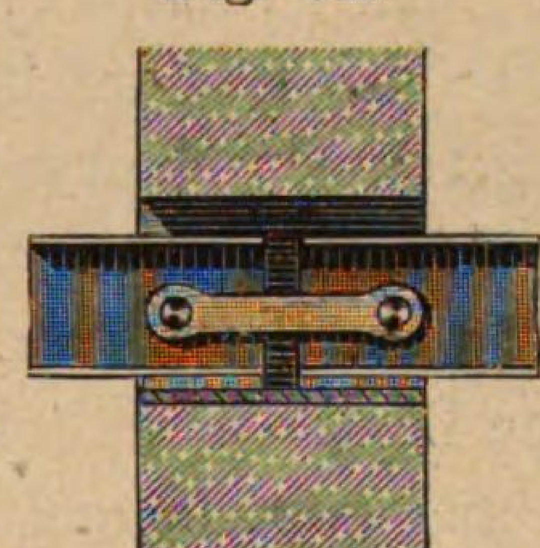
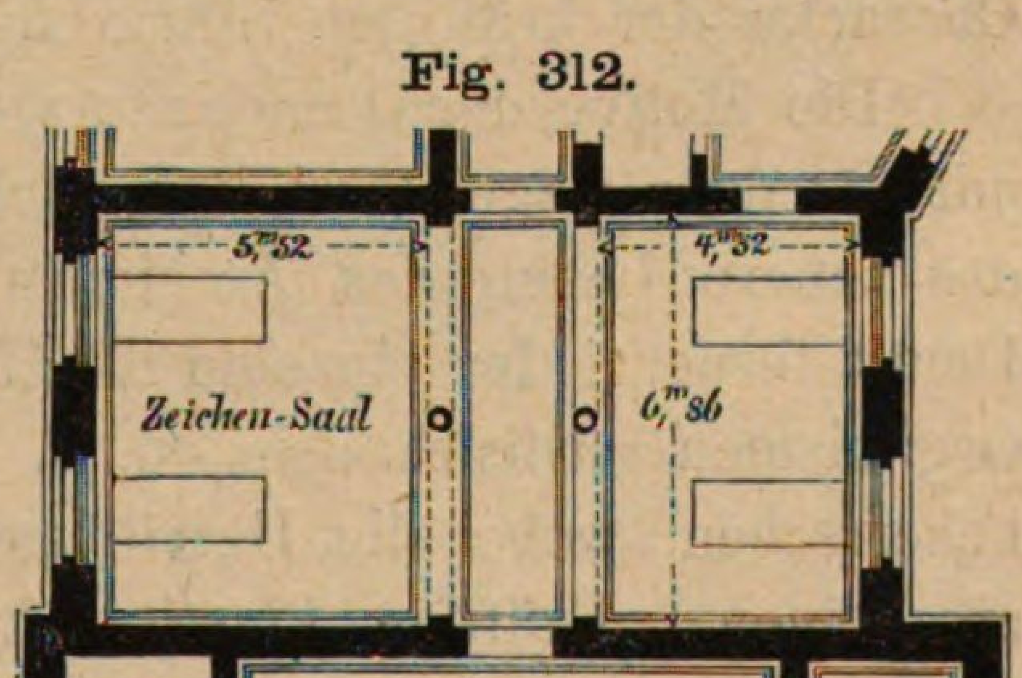


Fig. 311.



Ganz ähnlich sind auch die hölzernen Balkenköpfe behandelt, welche nicht mit den Mauerlatten verkämmt, sondern nur mit Dollen befestigt waren; ihre Höhenlage ist durch Holzkeile zwischen Mauerlatte und Balkenkopf regulirt.

Fig. 312.



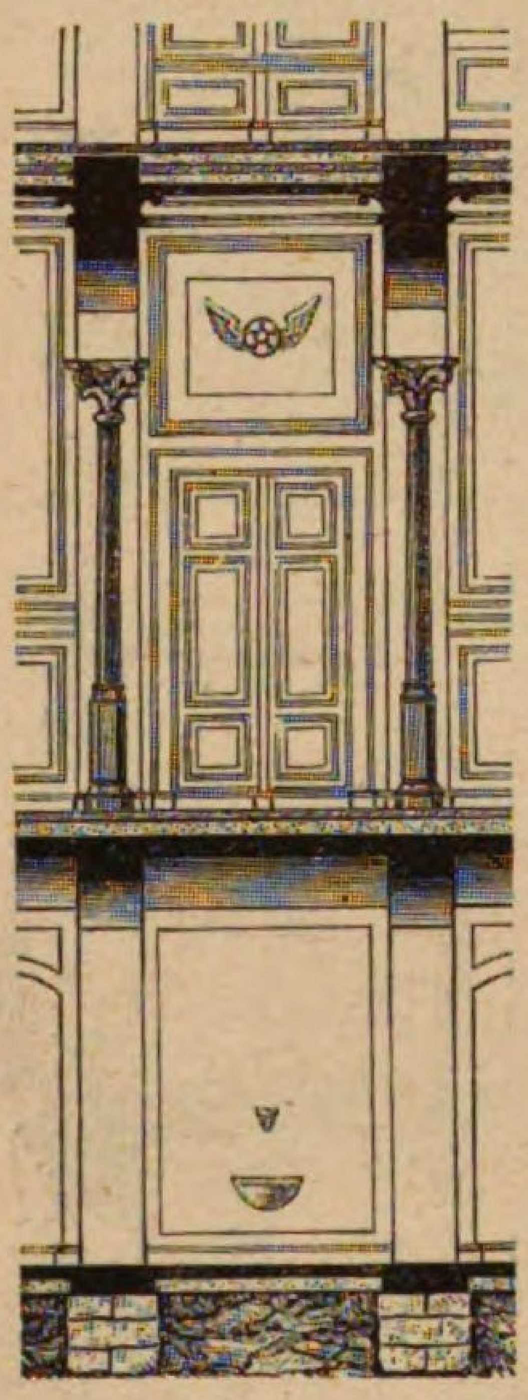
Ein Fall, wo gusseiserne Säulen die Mittelmauern eines Gebäudes tragen, ist in den Fig. 312 und 313 dargestellt. Fig. 312 ist der Grundriss des Zeichensaales im Directionsgebäude der **Norddeutschen Fabrik für Eisenbahnbetriebsmaterial** *) zu Berlin und Fig. 313 der Querschnitt durch die beiden Mittelmauern. Die Säulen tragen den Kämpfer der beiden Stichbogen

*) Erbaut von den Archit. Herrn **Hennicke** und **v. d. Hude**; ausführlich mitgetheilt in Erbkam's Zeitschrift f. Bauwesen. 1871. S. 329—336.

jeder Mauer, und ist, in Bezug auf den Druck, den jede Säule erhält, die Lastvertheilung, wie sie bei einem Balken auf drei Stützen stattfindet, massgebend; diese ist aus Fig. 60 S. 47 zu entnehmen. In dem Kellergeschosse sind gemauerte Pfeiler vorhanden, die den Druck der darüber stehenden gusseisernen Säulen aufnehmen und auf das Fundament übertragen.

In Fig. 1 und 2 auf **Blatt 3** sind die gusseisernen Säulen der **St. Thomaskirche** zu Berlin wiedergegeben. Diese schöne Kirche ist von Herrn Professor **Fr. Adler** *) in den Jahren 1865—69 erbaut. Die schlanken Säulen stehen im Emporengeschosse auf den unteren Pfeilern, welche das Langhaus und die Kreuzflügel von den Umgängen trennen. Sie sind durch eiserne Balken mit den Umfassungsmauern verbunden und haben quergelegte Tonnengewölbe zu tragen. Ausgeführt wurden die Säulen von der **Schwartzkopff**schen Eisengiesserei in Berlin und sind dieselben vor dem Aufstellen auf 8fache Sicherheit gegen Bruch geprüft; nach der Fertigstellung sind sie broncirt.

Fig. 313.



Die auf **Blatt 3** Fig. 3 bis 5 gezeichneten Säulen sind von dem Eisenwerke **Lauchhammer** gegossen; Fig. 6 von dem würtembergischen Eisenwerke **Wasseralfingen.** Fig. 3 hat einen achteckigen, Fig. 4 einen quadratischen Säulenstuhl erhalten. Nicht empfehlenswerth sind die scharfen Einziehungen des Querschnittes der sonst sehr schönen Säule Fig. 5, da hierdurch viel Material verschwendet wird, weil für die Tragfähigkeit der Säule die Wandstärke für den schwachen Querschnitt berechnet werden muss, die Wandstärken an den übrigen Stellen der Säule aber nicht wesentlich schwächer ausgeführt werden können. Durch dergleichen Verschwächungen des Säulenschaftes wird auch immer ein Gefühl der Unsicherheit hervorgerufen, namentlich dann, wenn die Verschwächung in der Nähe der Mitte des Säulenschaftes vorkommt. Am oberen oder unteren Ende der Säule sind die geringeren Durchmesser zulässig und theoretisch motivirt (s. Fig. 254).

Die beiden Wanddurchbrechungen Fig. 7 und 8 **Blatt 3** kommen in dem **Empfangsgebäude** **) **der Ostbahn** zu Berlin vor. Die Säulen, welche die darüber liegenden Wände stützen, haben schöne Detail-Verhältnisse und bestehen die den unteren Theil des Schaftes verzierenden Blätter aus getriebenem Zinkblech; sie sind mittelst Löthzinn unter sich verbunden und an dem Schaft befestigt. Zinkverzierungen aus Blech getrieben sind haltbarer und billiger als solche, die aus Zink gegossen werden.

Candelabersäulen, von denen verschiedene Formen auf **Blatt 1** und **2** dargestellt sind, werden in ähnlicher Weise wie die Säulen architektonisch ausgebildet, doch kann die Ornamentik hier eine grössere Beweglichkeit zeigen, da die Candelabersäule nicht den Character der kräftigen Stütze zu haben braucht.

Die Motive der Ornamente werden meist aus dem Pflanzenreiche entlehnt und müssen mit strenger Regelmässigkeit nicht in naturalistischem sondern in plastischem Charakter das innere Leben des Architekturtheils klar aussprechen und zur Anschauung bringen. Damit ferner jeder einzelne Theil als Glied des ganzen Bauwerkes erscheint, müssen die Organismen »**stylisirt**« sein, d. h. es müssen gewisse **geometrische** Grundformen das Ganze beherrschen, wobei die Detailformen im Sinne der Charakteristik des bezüglichen Baustyls erscheinen. Kräftige Plastik, kühne aber graziöse Schwingung der organisch herauswachsenden gehörig stylisirten Einzeltheile, weder Ueberfüllung noch Leere in der Detailanordnung und klare Erläuterung des Zweckes jedes Structurtheiles sind Hauptbedingungen einer guten Ornamentik, und muss ein wahres Kunstwerk namentlich harmonische Einheit in allen seinen Theilen zeigen.

*) Erbkam's Zeitschrift f. Bauwesen. 1871. S. 19—26.

) Entworfen von dem Herrn Hofbaurath **Lohse, ausgeführt von den Herren Baumeistern **Cuno** und **Geiseler.** Ausführl. Mitth. in Erbkam's Zeitschr. f. Bauw. 1870. S. 3—16.

Bei dem von **Schinkel** erfundenen Candelaber, **Blatt 1** Fig. 7, ist der obere Theil in der einfachsten Weise sehr graziös gestaltet. Aus dem unteren Blattkelche erheben sich vier schlanke kräftige Blätter, aus deren Mitte oben ein Kelch hervorwächst, dessen Rand die Kelche der Lichter trägt; vier kleinere Blätter deuten auf das Wachsen hin, indem diese den grösseren nachstreben und sie dabei zugleich stützen. Die drei Männergestalten tragen mit einer Hand das Gefäss, aus dem der Stamm des Candelabers emporspriesst, während sie die anderen Arme in einander schlingen, um vereint besser tragen zu können, hierbei stützen sie sich mit den Knien auf einen zierlich geformten Sockel. In dieser schönen Gruppe ist ihre Function auf das Bestimmteste ausgesprochen und jedes Glied des Candelabers erscheint als nothwendiger Theil des harmonischen Ganzen.

Betrachtet man dagegen den Treppencandelaber Fig. 1, der von dem Eisenwerke **Wasseralfingen** in Würtemberg geliefert wird, so findet man die Detailformen zwar nicht gerade unschön, aber die Glieder entwickeln sich nicht organisch auseinander und erscheinen daher ohne Leben.

Besser ist die Form Fig. 2, hier wachsen die Theile aus einander hervor und bilden oben einen kräftigen Blattkelch, aus dessen Mitte eine Staude gerade emporschiesst, wie sich auch noch vier Seitenranken entwickeln, deren Blattspitzen sich an der mittleren Staude und an dem unteren Theil der Ranken selbst stützen. Hierdurch wird die Ursache ihrer Biegung angedeutet und zugleich den Ranken der Charakter der Festigkeit verliehen. Als Träger der Laternen entwickelt sich aus jeder Ranke eine besondere Staude, die von dem Kelch einer zierlichen Blüthe gegen den unteren Theil abgestützt wird.

Der obere Theil des Candelabers Fig. 3 unterscheidet sich durch das zwischenliegende mit gekreuzten Bändern zusammengeschnürte Polster in zwei Theile, wovon der untere Theil durch die belasteten, stark ausbauchenden Blätter, deren Spitzen sich umschlagen, als **tragend** charakterisirt ist. Die Perlenschnur unter dem Blattkranze soll die Blätter in ihrer Thätigkeit, die Last emporzuhalten, unterstützen, indem sie die Blätter zusammenschnürt und dieselben gegen seitliches Ausweichen sichert. Der Blattkranz oberhalb des Polsters, der den obersten Theil des Candelabers als **getragen** charakterisirt, ist weniger energisch zusammengehalten; die hierauf folgende Scotie versinnlicht aber deutlich die Wirkuxg der Last des oberen Theils. Dem nun folgenden kräftigen Blattkelche entspriesst eine Staude, welche durch ein umgelegtes Band zusammengeschnürt wird, deren Blatttheile aber über das Band hervorquellen und hierdurch wieder die Wirkung der Last zur Anschauung bringen. Der eigentliche Stamm der Candelabersäule schiesst jetzt aus dem folgenden kurzen aber kräftigen, leicht geöffneten Blattkelche hervor; um ihn schlingt sich eine Epheuranke, die aus demselben Kelche herauswächst und wesentlich zur Belebung des Schaftes beiträgt.

Der schön geformte Candelaber Fig. 4, wird von **Kahle u. Sohn**, Zinkgiesserei in Potsdam, geliefert; von wessen Meisterhand derselbe entworfen ist, war aus den Zeichnungen nicht zu entnehmen, da die Fabrikanten leider nicht immer die Namen der Urheber ihrer Modelle in ihren Musterheften angeben.

Fig. 5 zeigt die in Eisenguss ausgeführten Candelaber des **Concordeplatzes** zu Paris, welche unter der Leitung des berühmten Architekten **Hittorff** entworfen, aus der Fabrik von **A. Muel** in Tusey bei Vaucouleurs in Frankreich hervorgingen. Hiervon sind auf dem Platze 40 Stück aufgestellt und wurden die Säulen mit ihrem Fusse und dem korinthischen Kapitäl in einem Stücke gegossen. Mit der Bemalung und Vergoldung kostete das Stück 661 Francs.

Von den in Fig. 10 dargestellten gusseisernen **Rostralsäulen** (Rostra = Schnäbel; Rednerbühne auf dem Markte des alten Rom, die mit erbeuteten Schiffsschnäbeln verziert war) sind 20 Stück auf dem Concordeplatze aufgestellt und kostete jedes Stück mit Einschluss des Anstrichs und der Vergoldung 3082 Francs. Schöne Verhältnisse zeigen auch die in Fig. 12 dargestellten gusseisernen Candelaber der Concorde-Brücke zu Paris.

Die Candelaber Fig. 8 und 9 sind von dem würtembergischen Hüttenwerke **Wasseralfingen** ausgeführt; wenn deren Formen auch nicht gerade schön genannt werden können,

so zeigt doch der obere Theil von Fig. 9 drei zierliche Frauengestalten, welche, auf dem Rand eines Kelches knieend, die Lampen tragen.

Fig. 11 giebt einen originellen Candelaber, der zugleich als Säule zum Tragen eines Vorbaues dient. Derselbe ist von der Meisterhand **Schinkel's** für das **Voss**'sche Palais zu Berlin entworfen, welcher Name wohl Veranlassung zu der Ornamentirung des Fusses durch Füchse gegeben hat.

Die Candelaber **Blatt 2,** Fig. 1 bis 3 sind unter der Oberleitung des Baumeisters Herrn **Eduard Schwarz** aus Jena von dem Bauführer Herrn **Heinr. Zaar** aus Cöln für die Villa **Krupp** bei Essen a/Ruhr entworfen und von dem Bildhauer Herrn **Noack** in Berlin modellirt. Die Modelle sind aus Zink gegossen und dann ciselirt, damit die Abgüsse in Gusseisen möglichst sauber ausgeführt werden konnten. Fig. 1 und 3 sind für die Parkanlagen, Fig. 2 für eine Treppe verwendet. Solche Candelaber werden natürlich immer hohl gegossen mit Wandungen von 5 bis 8 Millim. Stärke.

Der Candelaber Fig. 8 wurde für die Haupttreppe der Villa **Krupp** unter der Leitung des Herrn **Schwarz** entworfen und ausgeführt.

Sehr schön ist der von Herrn Professor **H. Eggert** erfundene Strassen-Candelaber Fig. 5. Die Formen sind ausserordentlich lebendig und doch nicht gerade schwierig in der Ausführung, wenn das Ganze aus mehreren Theilen zusammengesetzt wird.

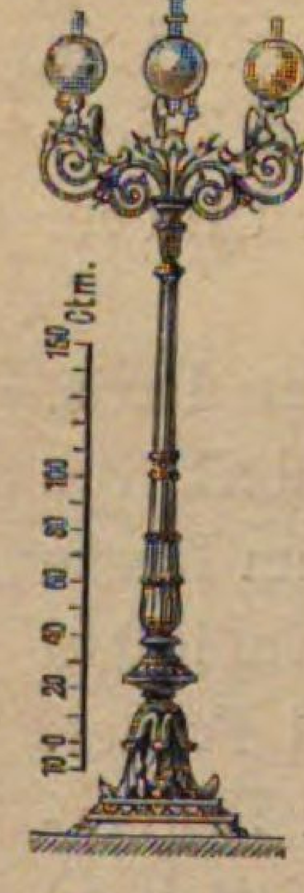
Der untere Sockel ist aus Stein ausgeführt gedacht, während der hierauf folgende Untersatz, wegen seiner reichen und zierlichen Decoration, am zweckmässigsten aus dem widerstandsfähigeren Gusseisen herzustellen ist.

Die kräftige Standfähigkeit der Candelabersäule wird durch die sechs stylisirten Thierfüsse, die aus dem sich nach unten entwickelnden Blattkelche hervorwachsen, sehr deutlich zur Anschauung gebracht, wobei die obere Einbiegung der Füsse die Wirkung der Last versinnlicht. Die Blätter des nächsten Kelches wachsen nach oben, auf ihnen stützen sich drei kraftvolle Vogelgestalten, Phönixe, auf ihren Flügeln den oberen Theil der Säule tragend.

Von schöner Wirkung ist der Schaft des Candelabers, um dessen mittlere dominirende Staude sich sechs andere Stauden gruppiren, die alle aus einem Kelche herauswachsen, sich oben volutenförmig aufrollen und Arme zum Tragen der Laternen bilden. Die sechs Stauden werden zweckmässig nach einem Modelle, jede für sich, über ein schmiedeeisernes Gasrohr gegossen, und wäre in diesem Falle die Verschraubung sämmtlicher Röhren in dem Blattkelche anzubringen, aus dem sämmtliche Stauden hervorwachsen.

Der in Fig. 7, **Blatt 2,** gezeichnete Candelaber wird von dem Hüttenwerke **Wasseralfingen** geliefert, jedoch ohne Laterne, da diese willkürlich darauf gesetzt ist. Derselbe kostet 66 Mark, wenn der Fuss desselben mit geliefert wird; ohne diesen kostet der obere Theil nur 30 Mark.

Fig. 314.



Ein prächtiger Candelaber von der **Lombardsbrücke** zu Hamburg ist in Fig. 11, **Blatt 2,** dargestellt. Dieser ist von dem Architekten Herrn **C. Börner** entworfen und von der **Karls-Hütte** bei Delligsen im Herzogthum Braunschweig in Gusseisen ausgeführt. Die Laternen haben in Wirklichkeit eine schönere, wirksame Form erhalten als die in der Zeichnung dargestellte.

Das Ornament des Unterbaues, die Delphine und der Dreizack, haben auf Hamburgs Seehandel Bezug; auch das Wappen dieser Stadt ist auf einer Tafel am Sockel angebracht.

Der sehr zierliche aus Zink gegossene Candelaber Fig. 314 ist für das Kaiser-Vestibüle des Ostbahnhofes zu Berlin ausgeführt. Hierbei werden die Gaslaternen von Genien getragen, die aus den Ranken hervorwachsen, welche sich aus einem gemeinschaftlichen Kelche entwickeln. Die Säule zeigt schöne Verhältnisse, namentlich ist der untere Theil derselben kraftvoll aber doch graziös gestaltet.

Fünfter Abschnitt.

Construction der Dächer.

I. Dachconstructionen aus Holz und Eisen.

§. 68. Eintheilung und Höhe der Dächer.

Das Dach hat den Zweck, den oberen Theil eines Gebäudes gegen den Einfluss des Wetters zu schützen; es muss daher Regen, Schnee und Wind von den inneren Räumen des Gebäudes abhalten und dabei das Regenwasser leicht ableiten, wesshalb die Dachflächen **geneigt** sein müssen. Zunächst kann man zwei Hauptheile bei einem Dache unterscheiden: die äussere dichte Decke, die **Dachbedeckung**, und das Gerüst, welches diese Decke trägt, das **Dachgerüst.**

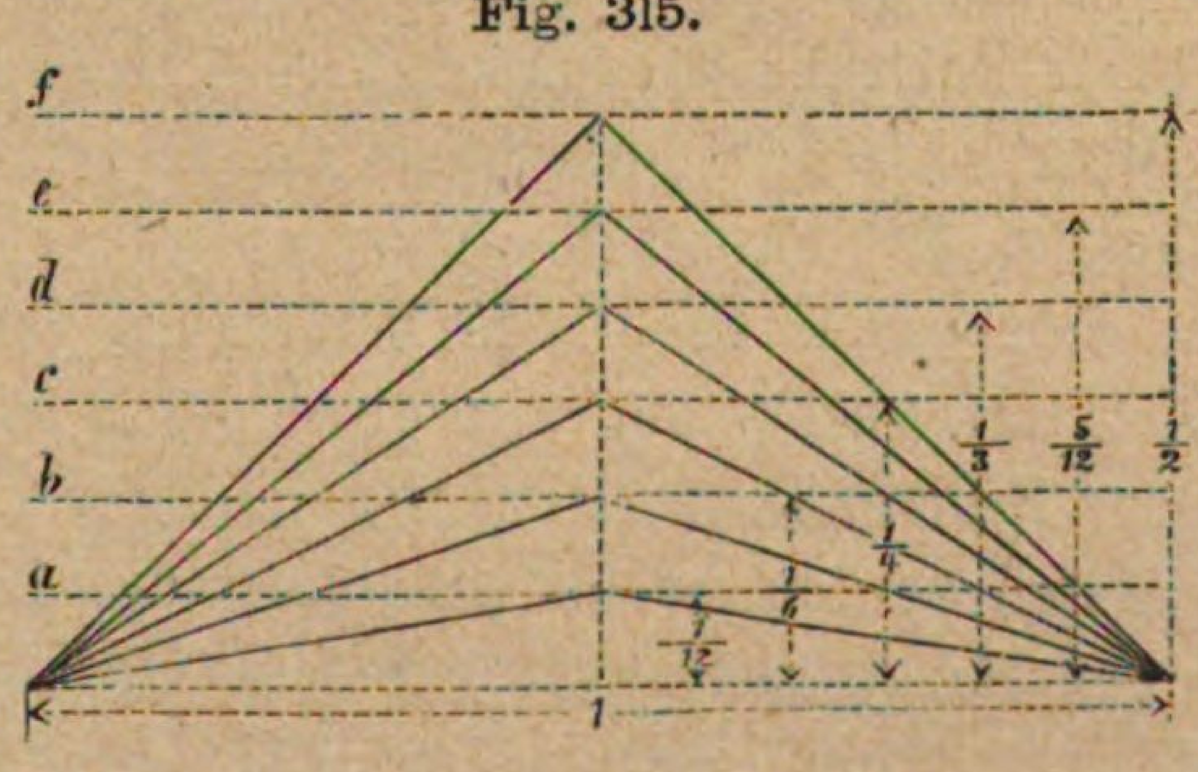
Für die Neigung der Dächer ist namentlich die Beschaffenheit des Materials, womit das Dach eingedeckt ist, das **Dachdeckungsmaterial**, massgebend; doch ist die Neigung auch von der Form des ganzen Gebäudes, von dem **Baustyle**, abhängig. Die gebräuchlichsten Dachdeckungsmaterialien sind: Stroh, Rohr, Ziegel, Schiefer, Zinkblech, Eisenblech, seltener Kupferblech, getheerter Filz, getheerte Pappe und Holz-Cement.

Setzt man die Gebäudetiefe $= 1$, so ist nach vielfach gemachten Erfahrungen, bei den verschiedenen Deckungsmaterialien, die Höhe der Dächer in Bezug auf die Tiefe eines Gebäudes nach Fig. 315 zu nehmen:

für zweiseitige	Stroh- oder Rohrdächer	$= 1/2$ der Gebäudetiefe
- -	Ziegeldächer	$= 1/3$ bis $1/2$ der Gebäudetiefe
- -	Schieferdächer	$= 1/6$ - $1/3$ - -
- -	Zink- und Eisenblech-Dächer	$= 1/12$ - $1/6$ - -
- -	Filz- und Pappdächer	$= 1/12$ - $1/6$ - -
- -	Holz-Cementdächer	$= 1/50$ - $1/30$ - -

Die grössere oder geringere Dachhöhe richtet sich nach der grösseren oder geringeren Gebäudetiefe. Rohr- und Strohdächer reichen bis zur Linie *f*, ebenso die höchsten Ziegeldächer, deren gewöhnliche Höhe bis zur Linie *e* reicht, also $= 5/12$ der ganzen Gebäudetiefe ist. Die Linie *d* bildet die Grenzhöhe zwischen Ziegel- und Schieferdächern; gewöhnlich reichen die Schieferdächer nur bis zur Linie *c*, ihre Höhe ist also $= 1/4$ der Gebäudetiefe. Die niedrigsten vorkommenden Schieferdächer reichen bis zur Linie *b*, welches auch die grösste Höhe für Zink- und Pappdächer ist; die geringste Höhe dieser letzteren Dächer reicht bis zur Linie *a*, ist also $= 1/12$ der Gebäudetiefe. Die Holz-Cementdächer nach der **Häusler'**-

Fig. 315.



schen Methode erhalten sehr geringe Neigungen, nämlich $^1/_{50}$ bis höchstens $^1/_{30}$ der Gebäudetiefe, weil sonst die darauf lagernde Kiesschicht herunter rutschen würde. Dächer, welche mehr Höhe haben als $^1/_2$ der Gebäudetiefe, nennt man **gothische** Dächer, da diese Dachformen dem gothischen Baustyle eigenthümlich sind.

Ihrer äusseren Form nach, die meistens davon abhängig ist, nach welchen Seiten die Wasserableitung stattfinden kann, unterscheidet man bei den Dächern:

a Pultdächer;
b Satteldächer;
c Walmdächer;
d Zeltdächer resp. Kegeldächer;
e Kuppeldächer.

Pultdächer, bei denen die Wasserableitung nur nach einer Seite stattfindet, haben nach der Form eines Pultes nur **eine** geneigte Fläche; im höchsten Punkte, im **First**, sind sie in der Regel durch eine senkrechte Wand unterstützt.

Satteldächer sind solche, die aus zwei gegen einander geneigten Dachflächen bestehen, welche im höchsten Punkte in einer Linie, der **Firstlinie,** zusammenstossen und an den Giebeln durch senkrechte Wände abgeschlossen sind. Das Wasser wird hier also nach zwei Seiten abgeleitet; die Linie jeder Dachfläche, wo das Wasser abtropfen muss, heisst **Trauflinie** oder **Traufe.**

Besteht ein Satteldach nicht aus ebenen, sondern aus gebrochenen Dachflächen, von denen die unteren Flächen steil, die oberen aber flacher geneigt sind, so entsteht das **Mansardedach,** nach dem französischen Architekten **Mansard** benannt.

Walmdächer entstehen, wenn die Giebel der Satteldächer wegfallen und durch geneigte Dachflächen, **Walme,** ersetzt werden, so dass das Wasser nach allen Seiten des Umfanges abgeleitet wird. Jede **Langseite** schneidet sich mit dem Walme in einer Geraden, die einen hervortretenden Rücken oder **Grat** bildet; derjenige Punkt, wo sich die Grate an den First anschliessen, heisst der **Anfallspunkt** des Walmes. Bei einem **ganzen** Walmdache liegen sämmtliche Trauflinien in einer Horizontalebene; wenn aber die Trauflinien der Walme höher liegen als die Trauflinien der Langseiten, so nennt man das Dach ein **Krüppelwalmdach.**

Zeltdächer sind solche Walmdächer, bei denen sich sämmtliche Grate in einem Anfallspunkte vereinigen, wobei sämmtliche Trauflinien in einer Horizontalebene liegen; der Grundriss des zu überdeckenden Gebäudes kann ein Quadrat, ein regelmässiges Polygon oder ein Kreis sein, in welch letzterem Falle das **Kegeldach** entsteht. Wenn die Flächen eines solchen Daches sehr steil sind, wie bei Kirchthürmen, so heisst es auch wohl **Helmdach** oder kurz ein **Helm.**

Kuppeldächer werden über Gebäude ausgeführt, deren Grundriss ein Kreis ist; die Dachfläche besteht hier nicht aus Ebenen, sondern der senkrechte Durchschnitt der Kuppel ist ein Kreisbogenstück oder eine andere stetig gekrümmte Linie.

Beim Sattel- und Walmdache kann das Profil der Dachflächen ebenfalls gekrümmte Linien zeigen, in welchem Falle das **Gespärre** des Daches oft aus Bohlenbogen besteht und daher **Bohlendach** genannt wird. Solche aus hochkantigen Bohlenbogenstücken zusammengesetzte Dachgespärre sind zuerst von dem bekannten französischen Architekten **Delorme** (gest. 1570) ausgeführt.

Zeigt das Profil des Zeltdaches gebogene Dachflächen, so heisst es **Dachhaube.**

Das **Dachgerüst** wird gewöhnlich so construirt, dass einzelne Träger, **Dachbinder,** nach dem Prinzip fester, unverschiebbarer Dreiecke aus Streben und Zugstangen zusammengesetzt werden, welche die Last des Daches auf die Mauern übertragen, ohne auf diese einen Schub auszuüben. Solche Dachbinder stellt man in grösseren Entfernungen, circa 4 Meter, von einander auf; sie tragen normal zu ihrer Richtung wieder Längenträger, welche zur Unterstützung der **Sparren** dienen, auf denen die Dacheindeckung befestigt wird; diese Längenträger nennt man **Pfetten** oder **Fetten,** und daher solche Dachwerke

Fettendächer. Die Dachbinder mit den darüber liegenden Sparren heissen auch wohl **Bundgespärre**, die zwischen den Bindern auf den Fetten liegenden Sparren, wovon gewöhnlich 3 zwischen 2 Bindern vorhanden sind, dagegen **Leergespärre.**

In Bezug auf die Unterstützung der Dachbinder, ob sie nur an den Enden durch die Umfassungsmauern, oder ob sie zwischen denselben noch durch andere Stützen getragen werden, kann man **freitragende** und **unterstützte** Dächer unterscheiden.

§. 69. Grösse der permanenten und veränderlichen Dachbelastung.

Das Eigengewicht der Dachconstructionen, die **permanente** Last derselben, setzt sich zusammen aus dem Gewichte der Dachbinder, der Fetten und Sparren, sowie aus dem Gewichte des Deckungsmaterials und dessen Unterlage, Bretterschaalung oder Lattung; es muss also auch bei Anwendung verschiedener Deckungsmaterialien das Eigengewicht des Daches verschieden ausfallen. Für die Berechnung der Spannungen in den Constructionstheilen eines Daches ist es nöthig, das Eigengewicht der verschiedenen Dächer zu kennen, dasselbe ist daher durch Vergleichung gut ausgeführter Dachconstructionen als Durchschnittssatz für die Flächeneinheit ermittelt worden. Man kann darnach als Eigengewicht p pro □Meter **geneigter** Dachfläche annehmen für:

das Holz-Cementdach	$p = 120$	Kilogramm
das Doppel- und Kronziegeldach	$p = 110$	-
das einfache Ziegeldach . . .	$p = 90$	-
das gewöhnliche Schieferdach .	$p = 75$	-
Schiefer auf L-Eisen	$p = 50$	-
das Zinkdach auf Schaalung . .	$p = 40$	-
das Theerpappendach	$p = 30$	-
Wellenblech auf L-Eisen . . .	$p = 24$	-

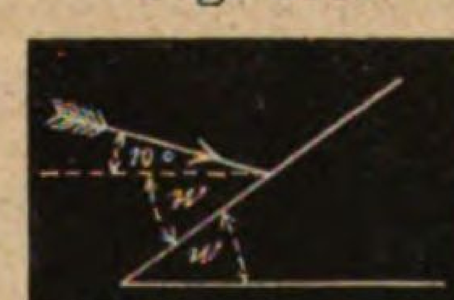
Zu dieser Belastung durch das Eigengewicht der Construction tritt noch als **Totalbelastung** des Daches die Last der grösstes Schneemasse, welche sich auf dem Dache anhäufen kann, sowie der Druck, den heftiger Wind auf das Dach auszuüben im Stande ist.

Erfahrungsmässig ist die grösste Höhe der Schneeschicht, die sich auf das Dach ablagert, etwa = 55 Centim.*); da nun der Schnee ca. 8mal leichter ist als Wasser und 1 Cubikmeter Wasser 1000 Kilogr. wiegt, so ist das Gewicht der grössten Schneemasse g pro □Meter:

$$g = 0{,}55 \,.\, \frac{1000}{8} = 68{,}8 = \text{rot. } 70 \text{ Kilogr.} \qquad (238)$$

Nach angestellten Beobachtungen bildet die Richtung des Windes mit der Horizontalen einen Winkel von etwa 10 Graden, daher trifft der Windstoss den unter dem Winkel w geneigten Sparren des Daches, nach Fig. 316, unter dem spitzen Winkel von $w + 10^0$.

Fig. 316.



Bezeichnet:

d den Druck des Windstosses gegen eine zu ihm **senkrecht** gerichtete ruhende Ebene,

v die Geschwindigkeit des Windes in Metern pro Secunde,

so ist nach angestellten Versuchen:

$$d = 0{,}116\, v^2 \text{ Kilogr. pro □Meter} \qquad (239)$$

Der **senkrecht gegen die Dachfläche** wirkende Druck D des Windstosses ergiebt sich,

*) Es kommen in manchen Gegenden aber auch höhere Schneeablagerungen vor, denn nach einer Mittheilung des Herrn Landbaumeister's **Wankel** zu Zwickau (Deutsche Bauzeitung 1869 S. 175) lag der Schnee im Jahre 1868 auf einem Dache von ca. 22 Grad Neigung in Johann-Georgenstadt 1,9 Meter hoch.

wenn in (239) statt v die **normale** Componente $v . sin\ (w + 10^0)$ gesetzt wird; es ist demnach der Winddruck **senkrecht** zur Dachfläche:

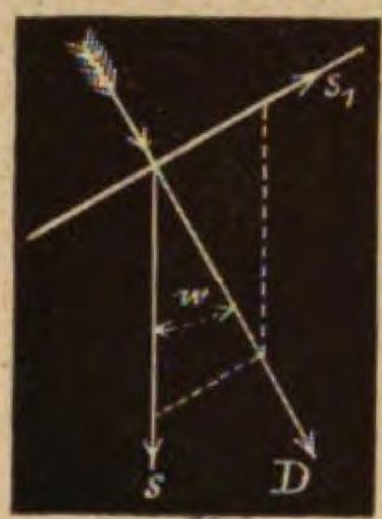
$$D = 0{,}116\ v^2 . \sin^2 (w + 10^0) \text{ Kilogr. pro □Meter} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (240)$$

Bei Orkanen erreicht der Wind eine Geschwindigkeit bis zu 48 Meter*); nimmt man nur eine Geschwindigkeit von 30 Meter an, so wird, abgerundet, aus der Formel (240):

$$D = 100 . \sin^2 (w + 10^0) \text{ Kilogr. pro □Meter} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (241)$$

Dieser **normal** auf die Dachfläche gerichtete Druck D zerlegt sich, nach Fig. 317, in eine **verticale** Componente und in eine Componente, welche in der Richtung des Sparrens wirkt. Die erstere Componente ist:

Fig. 317.



$$s = \frac{D}{\cos w}; \text{ die andere: } s_1 = D . \operatorname{tg} w \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (242)$$

oder, wenn man aus (241) den Werth von D in (242) einsetzt, so wird:

$$s = \frac{100 \sin^2 (w + 10^0)}{\cos w}; \text{ und } s_1 = \operatorname{tg} w . 100 . \sin^2 (w + 10^0) \quad . \quad (243)$$

Wenn die Dachneigung:

$w = 25^0$	ist, so wird	$s = 36$;	und	$s_1 = 15$	Kilogr. pro □Meter
$w = 30^0$	- - -	$s = 48$	-	$s_1 = 24$	- - -
$w = 35^0$	- - -	$s = 61$	-	$s_1 = 35$	- - -
$w = 40^0$	- - -	$s = 77$	-	$s_1 = 50$	- - -
$w = 45^0$	- - -	$s = 95$	-	$s_1 = 67$	- - -
$w = 50^0$	- - -	$s = 116$	-	$s_1 = 89$	- - -

Es ist rathsam, bei Dachneigungen unter 25^0, s nicht kleiner als 25 Kilogr. pro □Meter anzunehmen.

Die veränderliche Dachbelastung q setzt sich also zusammen aus dem Schneedruck g, Formel (238) und aus der verticalen Componente s des Winddrucks, Formel (243). Nun ist aber wohl nicht anzunehmen, dass die grösste Belastung durch Schnee mit der grössten Belastung durch Wind zusammentrifft; daher erscheint es zulässig, bei der Berechnung des Dachgerüstes die veränderliche Last $q = g + s$ kleiner zu nehmen als obige Formeln ergeben. Bei flachen Dächern wird die Schneelast verhältnissmässig grösser sein, als bei steilen Dächern, weil der Wind den Schnee von den steileren Dächern leichter wegweht als von den flacheren.

Beispiel. *Ein einfaches Ziegeldach habe eine Höhe von* $^5/_{12}$ *der Gebäudetiefe* $=$ *ca.* 40^0 *Neigung, so ist die permanente Last* $p = 90$ *Kilogr. und die zufällige Last* $q = g + s = 70 + 77 = 147$ *Kilogr. pro □Meter geneigter Dachfläche. Von der letzteren mag* $^2/_3$ *derselben, also* $^2/_3 . 147 =$ *rot.* 100 *Kilogr. in Rechnung gebracht werden, so ist die Totalbelastung* $p + q = 90 + 100 = 190$ *Kilogr. pro □Meter geneigter Dachfläche. Dividirt man diesen Betrag durch cos* 40^0*, so erhält man die Totalbelastung pro □Meter Horizontalprojection. Es ist also* $\frac{190}{\cos 40^0} = \frac{190}{0{,}766} = 248$ *Kilogr. pro □Meter der Grundrissfläche in Rechnung zu bringen.*

Die Neigung eines Zinkdaches auf Schaalung sei 20^0*, so ist* $g = 70$ *Kilogr. und* $s = 25$ *Kilogr. pro □Meter geneigter Dachfläche zu setzen. Es wird also:*

$$q = g + s = 70 + 25 = 95,$$

wofür 90 *Kilogr. gesetzt werden mögen. Das Eigengewicht ist* $p = 40$ *Kilogr. pro □Meter geneigter Dachfläche, daher* $p + q = 90 + 40 = 130$ *Kilogr.; dies macht pro □Meter der Grundrissfläche (Horizontalprojection):*

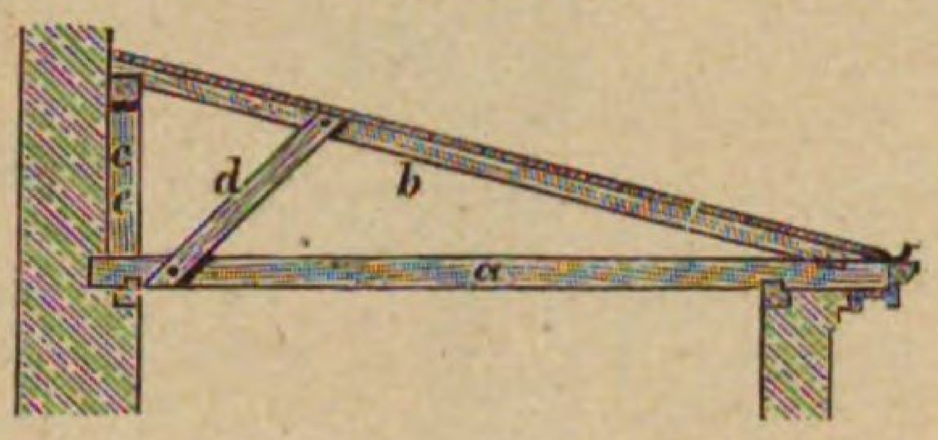
$$\frac{130}{\cos 20^0} = \frac{130}{0{,}94} = 138 \textit{ Kilogr.}$$

*) Vergl. die Mittheilung vom Herrn Baurath **J. Gärtner**. Deutsche Bauzeit. 1870. S. 3.

§. 70. Construction der Pultdächer aus Holz und Eisen.

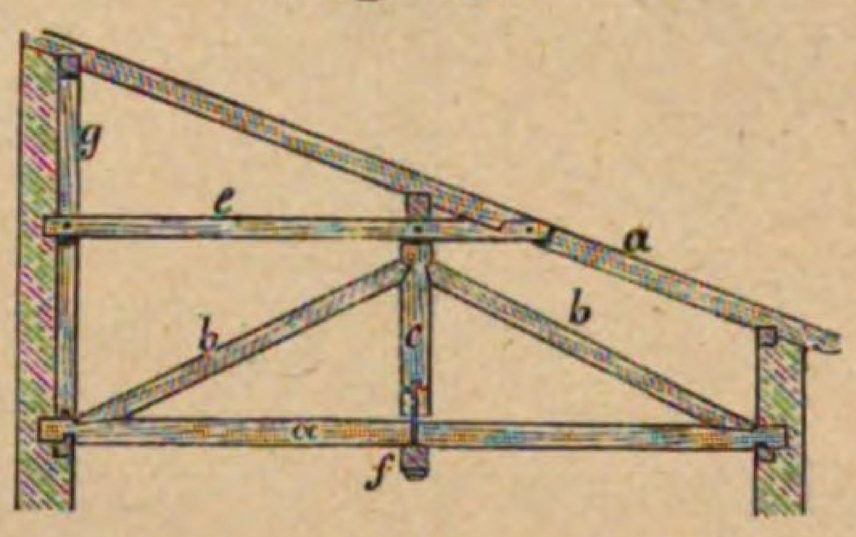
Pultdächer kommen namentlich bei Anbauten, wo der mittlere Theil des Gebäudes höher geführt ist, zur Anwendung. Fig. 318 giebt eine einfache Construction eines Pultdaches. Auf dem Balken *a* sind die Sparren *b* unten eingezapft, während sie oben auf einer Fette liegen, die von den Stielen *c* getragen wird. Die Zange *d* ist an Balken und Sparren angeblattet, sie dient zum Festhalten des Sparrens, damit das Dach durch Winddruck von unten her nicht abgehoben werden kann. Haben Pultdächer geringe Neigung, so können sie bis ca. 4 Meter Spannweite am einfachsten in der Weise construirt werden, dass man auf die Mauer, am Fusse der Sparren, eine Mauerlatte, oben dagegen auf Mauerauskragungen eine Fette legt und hierauf die Sparren mit horizontal angeschnittenen Lagerflächen befestigt, was durch Nagelung oder in anderer Weise geschehen kann.

Fig. 318.



Bei grösseren Spannweiten würden als Binder armirte Träger nach Fig. 135 angewendet werden können, die aber an den Auflagerungen horizontale Lagerflächen erhalten müssen (vergl. **Blatt 5**, Fig. 11 und 12), oder wenn Balkenlagen vorhanden sind, würde man die Binder zur Unterstützung der Sparrenmitte als **einfache Hängewerke** nach Fig. 319 construiren können. Die in dem Balken *a* versatzten Streben *b* tragen die Hängesäule *c*, auf der die Fette aufgezapft ist. Mittelst Hängeeisen wird der Balken *a* von dem Unterzuge *f* unterstützt, von dem auch alle zwischen den Bindern liegenden Balken getragen werden. Die Zange *e* nimmt den Sparrenschub auf, indem sie mit dem Bindersparren *d*, mit der Hängesäule *c* und mit dem Stiel *g* verbunden ist. Solche Pultdächer sind bis ca. 8 Meter Spannweite ausführbar.

Fig. 319.



Bei einem neuen Wagenrevisionsschuppen in **Potsdam** *) ist eine zusammenhängende Reihe Pultdächer zur Ausführung gekommen, in der Weise, dass der senkrechte Theil jedes Pultdaches ein durch eiserne Säulen unterstützter eiserner Fachwerkträger ist, auf dem die eigentliche Dachfläche in einfachster Weise ruht und der zugleich die Fensterwand bildet. Diese Fensterwände sind mit $6^1/_2$ Millim. starkem Rohglase verglast und gegen **Norden** gerichtet, wodurch verhindert wird, dass die Sonne hineinscheinen und die Arbeiter durch ihre Strahlen belästigen kann. Die Temperatur im Schuppen wird hierdurch im Sommer nach angestellten Beobachtungen um etwa 4 Grad niedriger erhalten als in den anderen Wagenschuppen dieses Bahnhofes. Im Winter sind aber derartige Schuppen mit niedrigen Dachconstructionen viel leichter zu heizen, als solche mit hohen Dächern, daher sind diese Schuppen besonders gut als Locomotiv-Schuppen geeignet.

Der Schuppen ist auf **Blatt 4**, Fig. 6 im Grundriss, Fig. 7 im Querschnitt, Fig. 8 in der Vorderansicht und Fig. 9 im Längenschnitt dargestellt.

Die Umfassungswände wurden auf Kalksteinfundamente massiv in Ziegelrohbau, 2 Stein stark ausgeführt, mit Pfeilervorlagen, die nach aussen 13 Centim., nach innen 26 Centim. vorspringen und unter den Trägern in 4,867 Meter Entfernuug von Mitte zu Mitte angebracht sind. Ausserdem ist das Gebäude noch an den Ecken durch besondere Vorsprünge verstärkt.

Jeder Träger, Fig. 7, von 38,93 Meter Länge, ist von zwei Säulen unterstützt und beträgt die Höhe der Träger 1,805 Meter, wodurch sich eine Neigung der Pultdächer von 1 : 2,66 = ca. 21° ergeben hat.

Die 1,072 Meter von einander entfernten, 15,7 bei 23,5 Centim. starken Sparren

*) Vergl. die Mittheilung vom Herrn Eisenbahn-Director **L. Quassowski** in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1871. S. 25—30. Das Project zu dem Wagenschuppen der Berlin-Potsdam-Magdeburger Eisenbahn wurde vom Abtheilungs-Baumeister Herrn **Schucht** ausgearbeitet.

ruhen mit ihrem oberen Ende direct auf der oberen Gurtung der Träger und sind hier mit der letzteren durch Winkellaschen verschraubt, wie aus den Fig. 320 und 321 zu ersehen ist. Der Sparrenfuss steht in einem an der unteren Gurtung der Träger befestigten Schuh *B*, Fig. 320, an dem zugleich die Horizontal-Diagonalen befestigt sind. Die Anordnung dieser Diagonalen ist in dem Grundriss Fig. 6, **Blatt 4** eingezeichnet; dieselben bestehen aus Rundeisen von 1,3 Centim. Durchmesser; das Detail derselben zeigt der Grundriss Fig. 322.

Fig. 320.

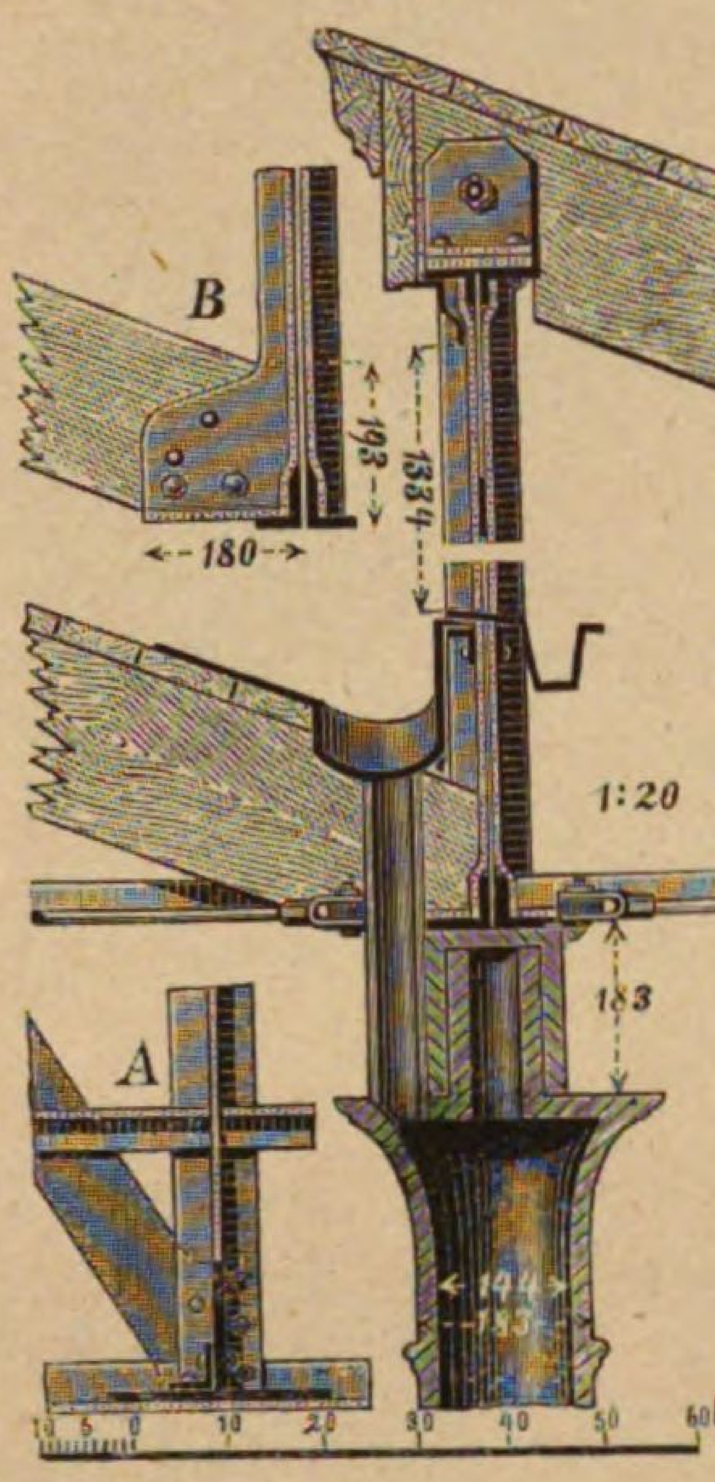
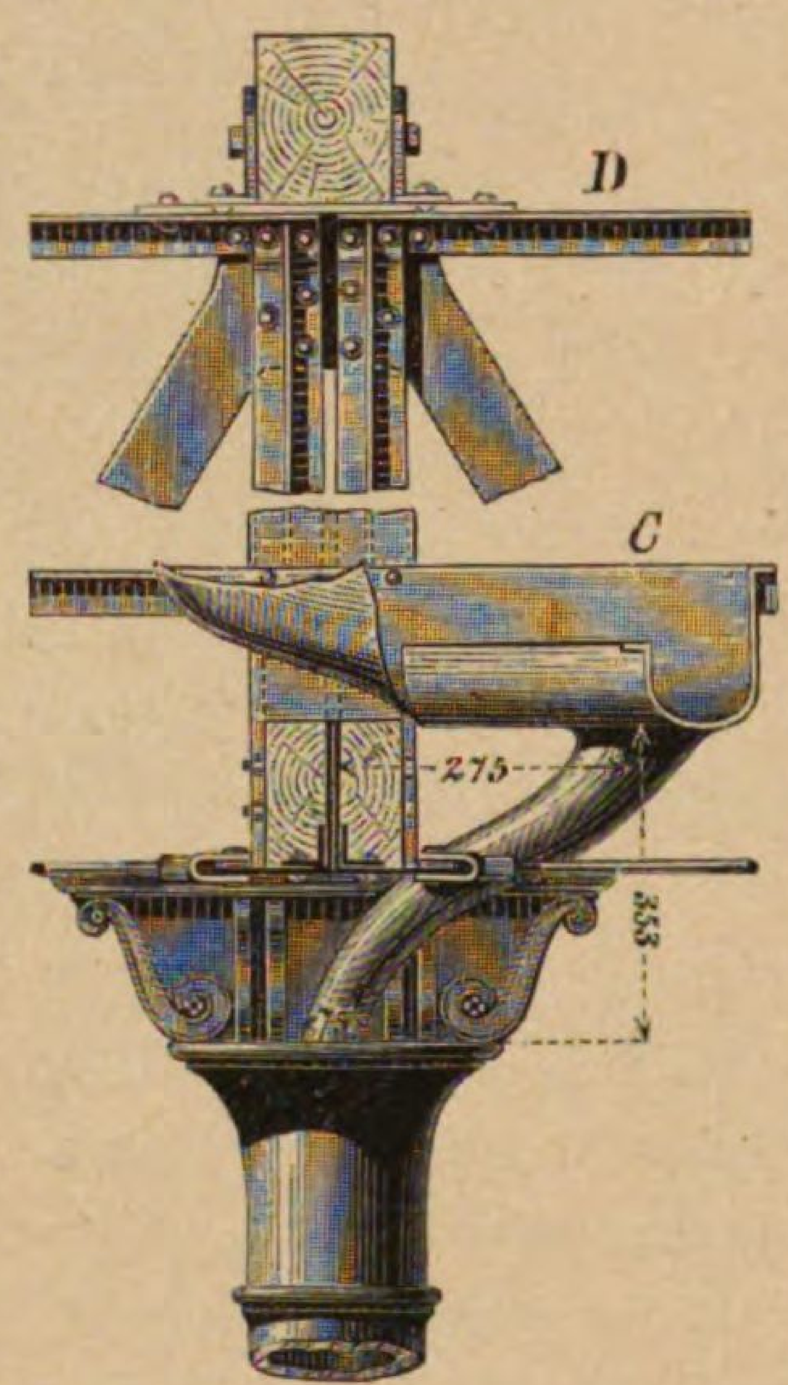
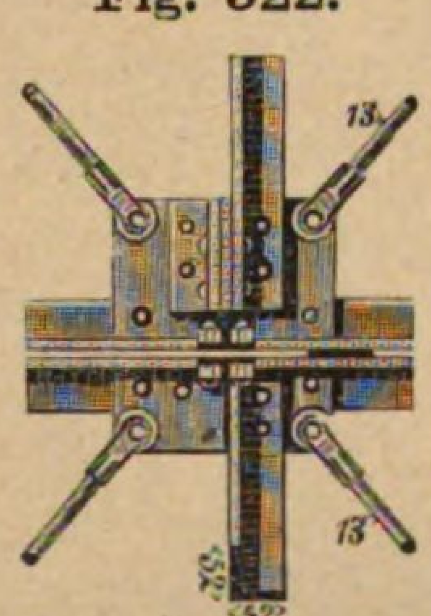


Fig. 321.



Die Regenrinnen *C*, Fig. 321, bestehen aus Zinkbleich Nr. 14, sie liegen neben den Trägern und leiten das Wasser durch Stutzrohre in die hohlen gusseisernen Säulen und von hier durch 15, resp. 23,5 Centim. weite Thonröhren in der Richtung der Pfeile **Blatt 4**, Fig. 6 in den Entwässerungskanal. Für das von den Glaswänden abtropfende Schwitzwasser sind, nach Fig. 320, besondere Rinnen angebracht, welche das Wasser ebenfalls in die Säulen leiten. Die Dachbedeckung besteht aus getheerter Leinwand auf Schaalung.

Fig. 322.



Der Schuppen ist durch die oberen Glaswände sehr reichlich und gleichmässig beleuchtet, wobei zu bemerken ist, dass die Decke und die Wände zum besseren Reflectiren weiss gestrichen sind, und dass nur des lebhafteren Ansehens wegen die der Bahnhofsseite zugekehrte nördliche Wand des Schuppens mit Fenstern versehen wurde.

Zur Ventilation des Raumes hat jeder Giebel, nach **Blatt 4**, Fig. 9, eine 47 Centim. im Quadrat grosse Oeffnung erhalten, die mittelst jalousieartiger Klappen geschlossen werden kann.

Der □Meter bebauter Fläche des fertigen Schuppens kostete ohne Dampfheizung und Gaseinrichtung 34,01 Mark. Mit der 15,7 Centim. weiten kupfernen Dampfheizung incl. Gaseinrichtung aber betrugen die Kosten pro □Meter bebauter Fläche 37,05 Mark.

Die Kosten des fertigen Schuppens betrugen im Einzelnen an:

1.	Erd- und Maurerarbeiten	= 6186	Mark
2.	Maurer- und Steinhauermaterial	= 18843	-
3.	Zimmerarbeit incl. Material	= 7272	-
4.	Asphaltarbeit	= 348	-
5.	Dachdeckerarbeit	= 4584	-
6.	Klempnerarbeit	= 930	-
7.	Dammsetzerarbeit	= 66	-
8.	Tischlerarbeit	= 141	-
9.	Säulen und Träger etc.	= 18741	-
10.	Die eisernen Fenster in der nördlichen Wand	= 171	-
11.	Schlosserarbeit	= 324	-
12.	Glaserarbeit	= 4875	-
13.	Anstreicherarbeit	= 195	-
14.	Thonröhren zur Wasserleitung	= 288	-
15.	Insgemein	= 2253	-
	Summa	= 65217	Mark

Bei der statischen Berechnung dieser Dächer sind als zufällige Belastung durch Schnee etc. 100 Kilogr. pro □Meter und als Winddruck 75 Kilogr. pro □Meter, zusammen

also 175 Kilogr. in Rechnung gebracht (die veränderliche Last ist hier sehr gross angenommen, $^2/_3$ derselben wäre noch reichlich gewesen). Die Sparren sind 5,228 Meter lang und von Mitte zu Mitte 1,072 Meter entfernt; jeder derselben hat daher 5,228 . 1,072 = 5,6 □Meter Dachfläche zu tragen, welche pro □Meter 23,75 Kilogr., also pro Sparrenfeld 5,6 . 23,75 = 133 Kilogr. wiegt. Der Querschnitt des Sparrens ist 0,157 . 0,235 = 0,0369 □Meter und sein Cubikinhalt 5,228 . 0,0369 = 0,1929 Cubikmeter. Nun wiegt der Cubikmeter Nadelholz im trocknen Zustande ca. 480 Kilogr.; ein Sparren wiegt also 480 . 0,1929 = 92 Kilogr. Die zufällige Belastung eines Sparrenfeldes ist nach dem Obigen 5,6 . 175 = 980 Kilogr., daher die gleichmässig vertheilte **Totalbelastung** jedes Sparrens: 133 + 92 + 980 = 1205 Kilogr.; bei der Inanspruchnahme des Holzes mit $k = 60$ Kilogr. pro □Centim. berechnet sich nach Formel (35) S. 40:

$$W = \frac{P \cdot l}{8 \cdot k} = \frac{B \cdot H^2}{6} = \frac{15{,}7 \cdot 23{,}5^2}{6} = 1445,$$

und hieraus:

$$P = \frac{8 \cdot k \cdot 1445}{l} = \frac{8 \cdot 60 \cdot 1445}{522{,}8} = 1326 \text{ Kilogr.};$$

die Querschnittsdimensionen der Sparren sind also reichlich stark gewählt.

Das Eigengewicht eines Fachwerkträgers, von Säule zu Säule, beträgt 1000 Kilogr., das der Diagonalverstrebungen 300 Kilogr. und hat jeder Träger auf dieser Länge die Last von 12 Sparrenfeldern oder 12 . 1205 = 14460 Kilogr. aufzunehmen. Hierzu kommt noch das Gewicht des Glases, welches einen Flächeninhalt von 12,866 . 1,255 = 16,2 □Meter hat, bei einer Stärke von $6^1/_2$ Millimeter. Dieses Glas wiegt pro Cubikmeter etwa 3500 Kilogr., daher ist das Gewicht der obigen Glasmasse $= \frac{16{,}2 \cdot 6{,}5 \cdot 3500}{1000} = 368{,}5$, oder rot. 370 Kilogramm. Es ist also die Totalbelastung des Fachwerkträgers zwischen zwei Säulen:

$$14460 + 370 + 300 + 1000 = 16130 \text{ Kilogr.},$$

oder pro Trägerfeld:

$$\frac{16130}{12} = \text{rot. } 1350 \text{ Kilogr.}$$

Die Fachwerkträger sind nach dem System des rechtwinkligen Dreiecks construirt, wobei die verticalen Streben zugleich als Rahmen für die Glastafeln dienen; die Feldertheilung ist hierbei gleich der Sparrentheilung angenommen = 1,072 Meter, und sind die Gurtungen des Trägers aus Winkeleisen von zwei verschieden grossen Querschnitten gebildet, damit das Eisen möglichst vortheilhaft der Inanspruchnahme entsprechend verwendet wird. Der Zusatz für die Nietverschwächung ist sehr reichlich, da der Nietquerschnitt im 6. Felde nur 3 □Centim., in den übrigen Feldern nur 2,6 □Centim. beträgt. Die Felderzählung ist von beiden Enden her nach der Trägermitte zu gerechnet, da beide Hälften symmetrisch sind. Sämmtliche Querschnittsdimensionen der Bestandtheile der Träger sind in der folgenden Tabelle enthalten, wobei zu bemerken ist, dass in der unteren Gurtung das schwächere Winkeleisen auch noch im 4. Felde angewendet ist.

Trägerfeld	Für den Querschnitt der oberen Gurtung ist:			Für den Querschnitt der Diagonalen ist:			Für den Querschnitt der Verticalen ist:		
No.	berechnet □Centim.	ausgeführt □Centim.	für Nietschwächung zugesetzt □Centim.	berechnet □Centim.	ausgeführt □Centim.	für Nietschwächung zugesetzt □Centim.	berechnet □Centim.	ausgeführt □Centim.	für Nietschwächung zugesetzt □Centim.
0	—	—	—	—	—	—	11,08	15,4	4,32
1	6,29	18,60	12,31	11,97	11,97	0,00	9,23	15,4	6,17
2	11,49	18,60	7,11	9,78	9,85	0,07	7,39	15,4	8,01
3	15,46	18,60	3,14	7,59	7,73	0,14	5,54	15,4	9,86
4	18,33	27,29	8,96	5,40	5,54	0,14	3,69	15,4	11,71
5	20,11	27,29	7,18	3,28	3,42	0,14	1,85	15,4	13,55
6	20,66	27,29	6,63	1,09	1,71	0,62	0,00	15,4	15,40

Die Diagonalen sind an den Nietstellen, nach *A* Fig. 320 und *D* Fig. 321, verbreitert, so dass kein Zusatz an Material für Nietschwächung nöthig ist. Die Nietquerschnitte betragen $^5/_4$ des Querschnittes jeder Diagonalen.

Die Verticalen haben einen Querschnitt von 15,4 □Centim. erhalten, der überall beibehalten wurde, weil sie als Sprossen für die Glastafeln dienen. Dieselben bestehen aus zwei T-Eisen.

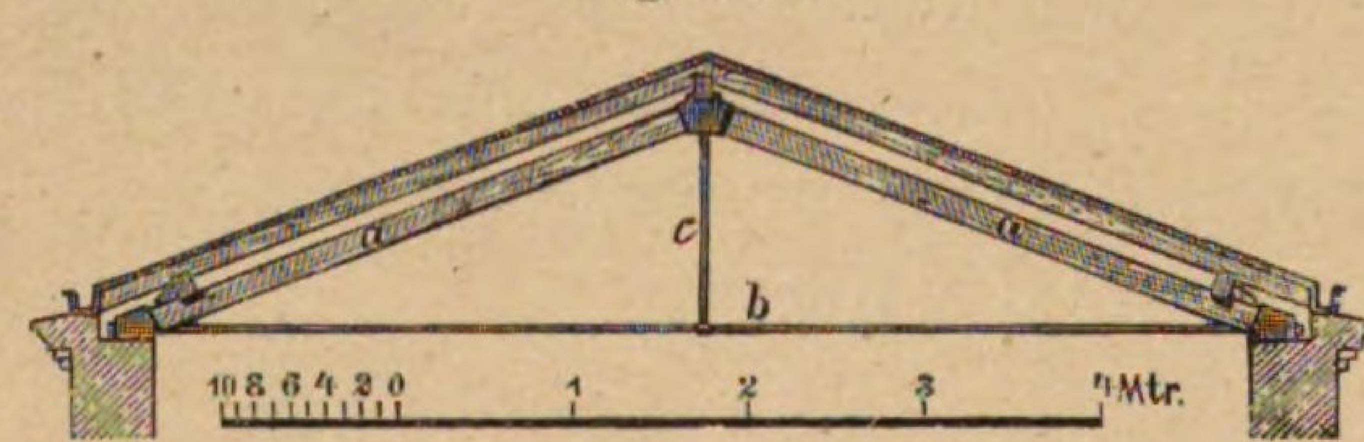
Berechnen kann man diese Fachwerkträger nach den in §. 64 entwickelten Formeln.

§. 71. Construction der Satteldächer aus Holz und Eisen.

Die Satteldächer werden gewöhnlich als Fettendächer ausgeführt, wobei die Fetten in solchen Entfernungen von einander angeordnet werden, dass die darauf ruhenden Sparren von der Last der Dacheindeckung keine erhebliche Durchbiegung erleiden. Die freitragende Länge der Sparren beträgt 3,6 bis 5,0 Meter, und es können 13 Centim. hohe Sparren bis 3,8 Meter, 16 Centim. hohe 4,4 bis 5,0 Meter frei liegen. Bei Fettendächern sind die Fetten in der Regel $^{16}/_{21}$ Centim. stark, sie liegen dabei 3,5 bis 5,0 Meter frei, je nach der Schwere der Dacheindeckung. Hierdurch ist die Entfernung der Binder von einander bestimmt.

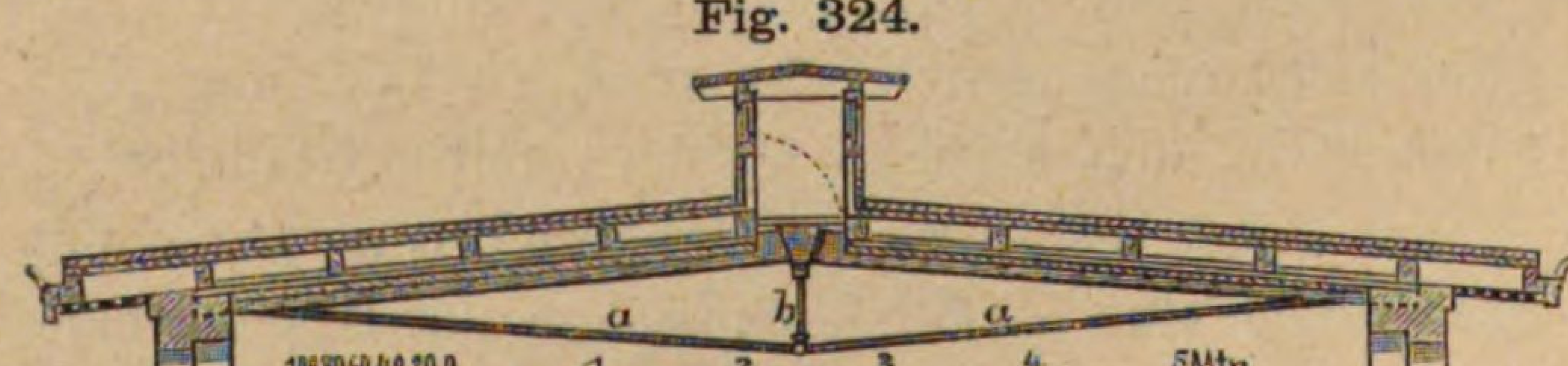
Einen einfachen Dachbinder, bei dem die Sparren nur an beiden Enden von Fetten getragen werden, zeigt Fig. 223. Die beiden Streben *a* stecken mit ihren Fussenden in gusseisernen Schuhen, die von der durchgehenden Zugstange *b* gehalten werden, damit die Streben keinen Schub auf die Mauern ausüben können. Die Kopfenden der Streben sind in einem gusseisernen Hute vereinigt. Hierdurch ist eine feste Dreieckverbindung hergestellt. Bildet die Zugstange *b* eine Horizontale, so hat die Hängestange *c* nur ein Durchhängen der Zugstange zu verhindern, also nur das Gewicht der Zugstange zu tragen; eine andere Spannung kann in *c* nicht entstehen.

Fig. 323.



Wenn aber die Zugstange *a* eine gebrochene Linie bildet, wie in Fig. 324, so hat sie durch den Strebenschub das Bestreben horizontal zu werden, sie übt also einen Druck nach oben aus, wodurch die Stütze *b* gedrückt wird. Dieses Dach ist ein sog. Holz-Cementdach nach **Häusler**'scher Methode, es ist von den Archit. Herren **Gropius** und **Schmieden***) für einen Evacuations-Pavillon der Krankenanstalt Bethanien zu Berlin ausgeführt. Solche Dächer dürfen nur eine geringe Neigung haben, weil auf ihnen eine Kiesschüttnng liegt, welche bei starker Neigung herabrutschen würde. Ein Dachboden ist hier nicht vorhanden, sondern das Dach bildet zugleich die Decke des Saales. Die Binder liegen in einer Entfernung von 4 Meter von Mitte zu Mitte, wobei die gespundete Dachschaalung unmittelbar auf die Fetten genagelt ist, welche aus diesem Grunde entsprechend dicht neben einander angeordnet sind. Unterhalb der Binder ist die Deckenschaalung mit Rohrputz verblendet, mit Papier verklebt und mit Oelfarbe gestrichen, damit sie abgewaschen werden kann. Oben an dem kleinen Dachreiter, der zur Ventilation des Saales dient, und unter der Dachtraufe sind offengelassene Zwischenräume vorhanden, damit unter der Dachschaalung ungehinderte Luftcirculation stattfinden kann, was zur Vermeidung der Fäulniss dieser Schaalung nothwendig ist.

Fig. 324.

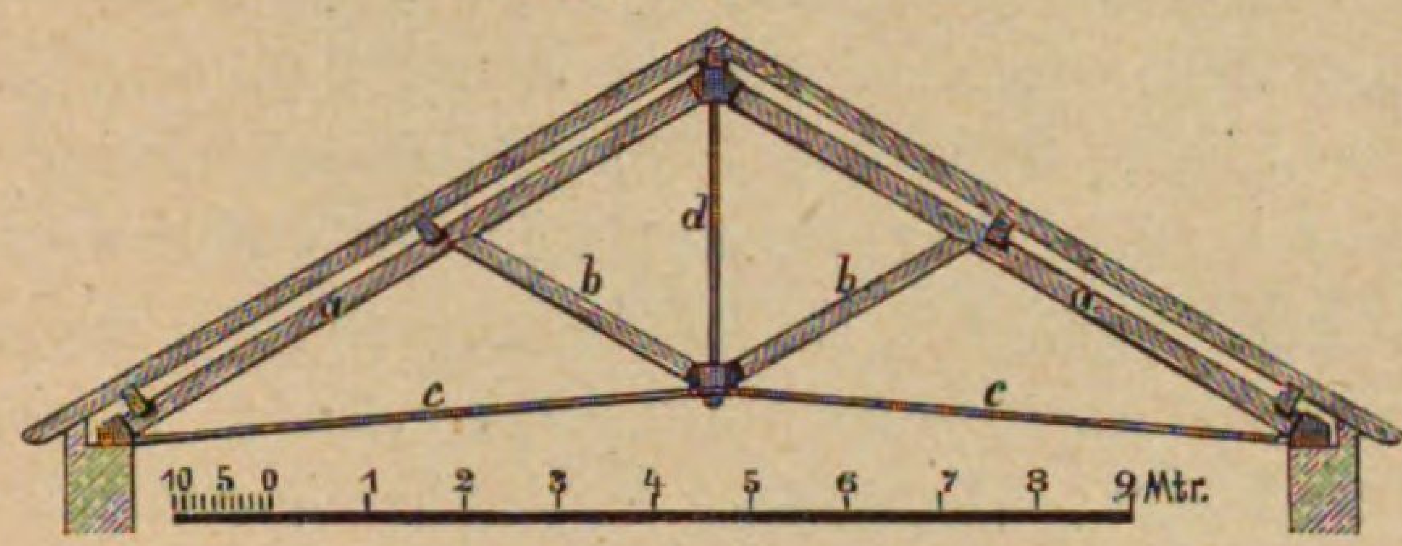


*) Mitgeth. in **Erbkam's** Zeitsch. für Bauw. 1873. S. 131.

Die Baukosten dieses Pavillons mit 28 Betten betrugen 51000 Mark, also pro Bett $\frac{51000}{28} = 1821{,}4$, oder rot. 1800 Mark.

Ist die Tiefe des zu überdachenden Gebäudes so gross, dass die Sparren ausser an ihren Enden, auch noch in der Mitte durch Fetten unterstützt werden müssen, so würde man die Binder nach Fig. 325 construiren können. Die Hauptstreben *a* sind hier in dem Punkte, wo sie die mittlere Fette tragen, von den Streben *b* unterstützt, deren Druck von der Hängestange *d* aufgenommen wird. Da aber die Zugstangen *c* eine gebrochene Linie bilden und durch den Schub der Hauptstreben das Bestreben haben die Horizontale anzunehmen, so erzeugen dieselben in der Hängestange *d* noch eine weitere Zugspannung.

Fig. 325.



Die Verbindung der Hauptstreben *a* mit den stützenden Streben *b* zeigt Fig. 326, wobei *b* in *a* mit Versatz eingezapft und durch einen Holznagel befestigt ist. Die Fussenden der unterstützenden Streben *b* stecken, nach Fig. 327, in einem gemeinschaftlichen gusseisernen Schuh, von dem *A* die Ansicht und *B* den Durchschnitt zeigt. Die Hängestange *d* ist durch diesen Schuh hindurchgeführt und kann deren Spannung vermittelst Schraubengewinde regulirt werden. In dem unteren Theil dieses Schuhes haben die Zugstangen *c* ihre Drehpunkte.

Fig. 326.

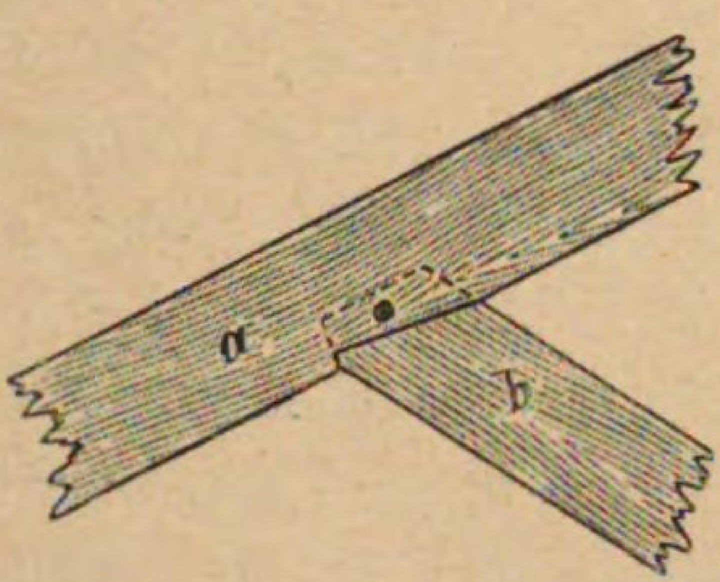


Fig. 327.

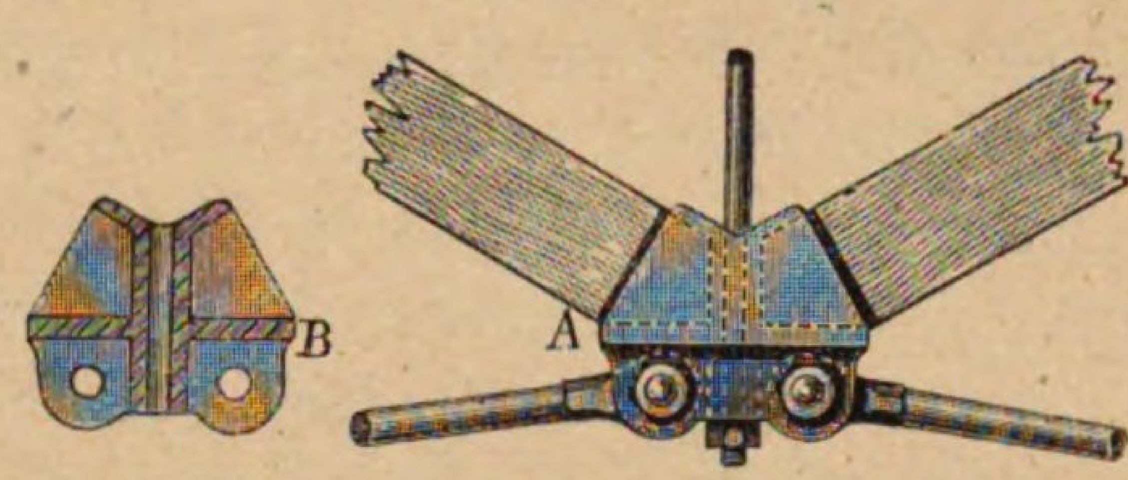
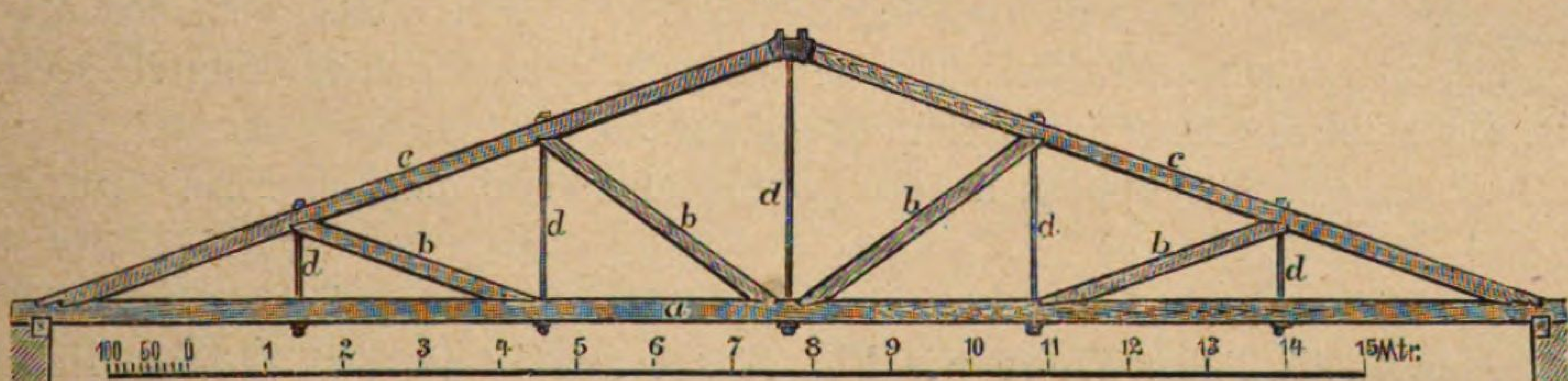
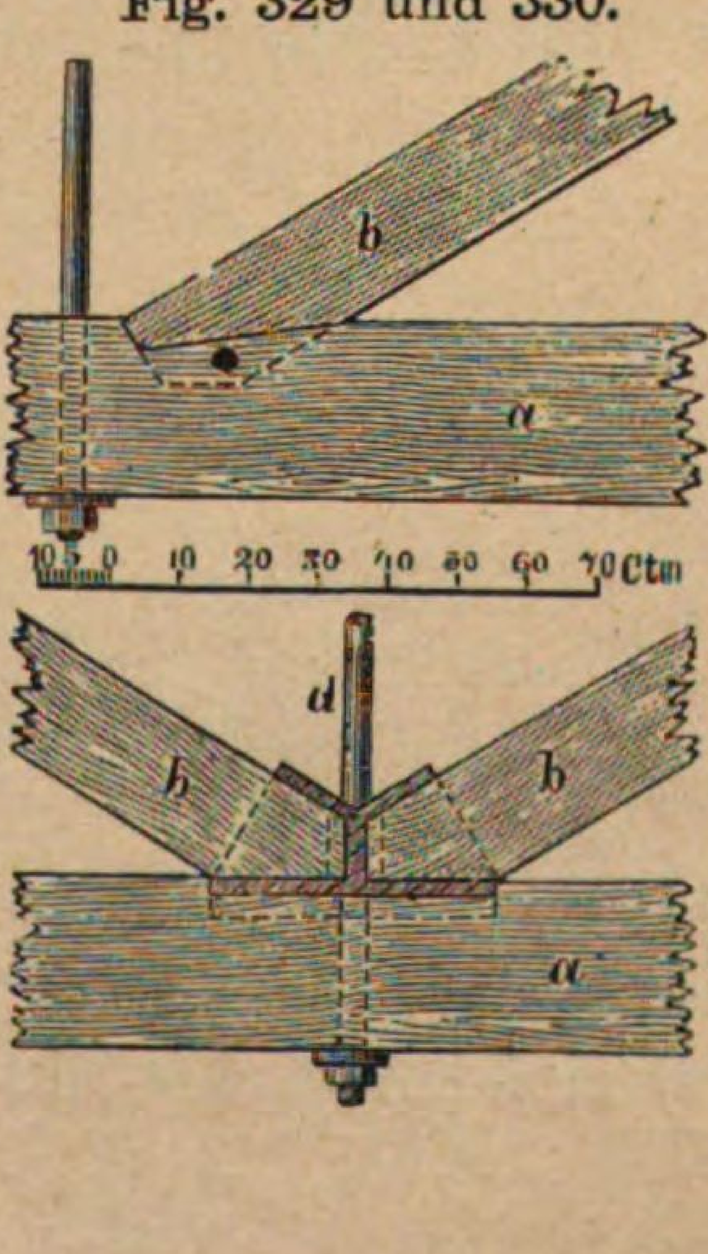


Fig. 328.



In ähnlicher Weise wie der Binder Fig. 325 ist auch die Construction Fig. 328 durchgeführt, bei der jeder Sparren von vier Fetten unterstützt wird, nur ist hier die Zugstange durch einen hölzernen Balken ersetzt, in welchen die Streben *b* eingreifen. Die Hauptstreben *c* stecken oben in einem gusseisernen Hute, in dem die mittlere Hängestange *d* befestigt ist. Die übrigen Hängestangen *d* gehen sowohl durch die Hauptstreben wie durch den unteren Balken hindurch, sie sind oben mit einem Kopfe und unten mit einer Mutter versehen, wodurch die Regulirung der Spannung in den Hängestangen und in den Streben bewirkt werden kann. Die Streben *b* können entweder nach Fig. 329 mit Versatz und Zapfen in den Balken *a* eingreifen, oder es können gusseiserne Schuhe construirt werden, wie in Fig. 330 angedeutet ist, welche die Streben *b* aufnehmen und deren Mitte eine Oeffnung enthält, durch welche die Hängestangen *d* hindurchgehen. Zur Befestigung des

Fig. 329 und 330.



Schuhes auf dem Balken ist die untere Platte desselben in den Balken eingeschnitten, während die Seitenwände des Schuhes über den Balken greifen und ein seitliches Ausweichen der Streben verhindern.

Nach der Grundform Fig. 325 sind die Dachbinder des Werkstattschuppens für Holzarbeiten der **Norddeutschen Fabrik für Eisenbahnbetriebsmaterial** zu Berlin (siehe S. 149) ausgeführt, welcher Schuppen auf **Blatt 4**, Fig. 1 bis 5 dargestellt ist. Dieser 78,5 Meter tiefe Schuppen ist mit 5 Satteldächern von je 15,7 Meter Spannweite überdacht, wie es der Grundriss Fig. 5 zeigt. In der Tiefe des Gebäudes sind die 5,652 Meter hohen gusseisernen Säulen in Entfernungen von 15,7 Meter, in der Längenaxe von 5,231 Meter aufgestellt. Der Querschnitt dieser Säulen ist in Fig. 3 gegeben. Auf den Säulen ruhen Sattelhölzer, die mittelst Schraubenbolzen mit den Hauptstreben verbunden sind; das in Fig. 4 im Grundrisse gezeichnete Zugband verbindet die Sattelhölzer in der Tiefe des Schuppens untereinander, während ein Längenverband durch die Rahmhölzer hergestellt ist, welche oberhalb der Säulen die Sparren und die gusseisernen Regenrinnen tragen. Zangenartige Kopfbänder stützen sich auf den Säulen, sie tragen oben eine Fette und verbinden die Sattelhölzer, die Hauptstreben und die Sparren miteinander.

Jeder Sattel hat einen 4,55 Meter breiten freien Lichteinfall mit zwei schräggestellten Glasflächen, die aus **Doppelglas** hergestellt sind. Die 52,3 Centim. breiten und 57,5 Centim. langen Scheiben überdecken sich 2,6 Centim.; sie ruhen auf gezogenen Sprossen aus Zinkblech Nr. 11 mit Flacheiseneinlagen von 4 Centim. Höhe, die bei 3,454 Meter Länge einmal durch ein Winkeleisen von $^{26}/_{40}$ Millim. Schenkellänge bei 5 Millim. Stärke unterstützt sind. Der Preis der fertigen Oberlichte betrug pro □ Meter 7 Mark.

Zwischen der Regenrinne und dem Oberlichte sind die Dachflächen auf Schaalung mit Asphaltpappe gedeckt. Die 65 Centim. starken Umfassungswände sind im Aeussern mit 13 Centim. starken Pfeilern in Ziegelrohbau ausgeführt; im Innern wurden die Thür und Fensterfaschen roh gefugt, die glatten Flächen dagegen mit Mörtel verputzt. Einen Theil der Façade des Schuppens zeigt Fig. 1, **Blatt 4**, wobei die Mauern bis zu den Spitzen der Giebel 9,42 Meter, an den Seiten aber nur 6,91 Meter hoch sind.

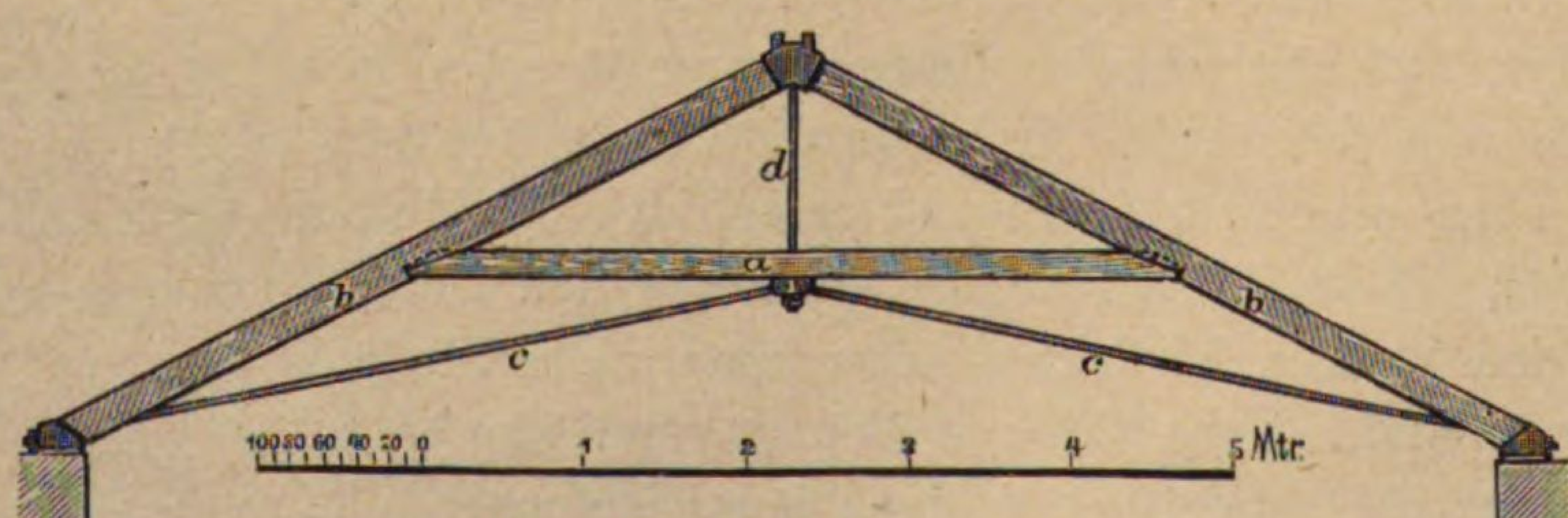
Das Regenwasser wird durch offene gusseiserne Dachrinnen, welche mit Gefälle von der Mitte des Gebäudes nach beiden Seiten in den 109,83 Meter langen Kehlen der Satteldächer liegen, in erweiterte Kessel gusseiserner Abfallröhren geleitet, durch welche das Wasser in die unterirdische Thonrohrleitung gelangt.

Die Baukosten des Schuppens haben pro □ Meter der bedeckten Fläche rot. 28 Mark betragen.

Fig. 11, **Blatt 4** giebt einen Dachbinder von der **St. Thomaskirche** zu Berlin (siehe S. 150) welcher in ähnlicher Weise wie Fig. 328 construirt ist. Der untere Balken des Binders umfasst die Sparren zangenartig, er ruht auf zwei starken Balken und wird ausserdem noch durch Sattelhölzer unterstützt, die von Mauerauskragungen getragen werden. Alles Uebrige dürfte ohne Weiteres aus der Zeichnung zu ersehen sein.

Bei dem in Fig. 331 angedeuteten Dachbinder sind die Hauptstreben in ihrer Mitte

Fig. 331.



durch einen Kehlbalken unterstützt, der von der Hängestange *d* getragen wird; derselbe hat also nur in der Mitte einen festen Stützpunkt, während seine beiden Enden von den

belasteten Streben *b* niedergebogen werden. Es ist leicht einzusehen, dass der Kehlbalken *a* keine sehr wirksame Strebe ist und dass diese Construction daher nicht als zweckmässig empfohlen werden kann.

Aus der Ansicht Fig. 332 und dem Querschnitte Fig. 333 ist die Verbindung der Zugstange *c* mit der Hängestange *d* zu ersehen. Der Kehlbalken *a* ruht auf zwei Flacheisenstücken, welche mittelst Schraubenbolzen die Zugstangen *c* aufnehmen, während die Hängestange *d* durch den Kehlbalken *a*, sowie durch die Flacheisen durchgeführt und unterhalb derselben mittelst Mutter befestigt ist.

Fig. 332.

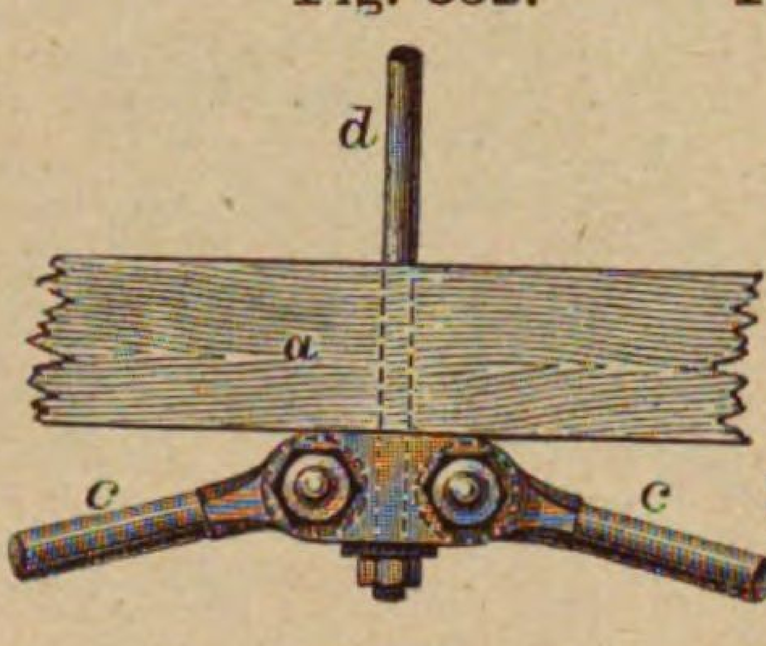


Fig. 333.

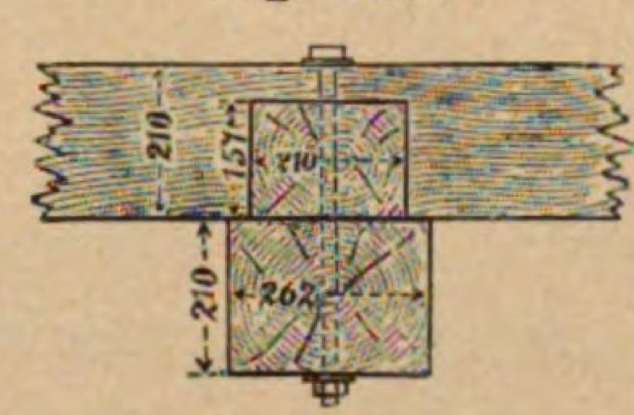


Blatt 4, Fig. 10 giebt einen Binder nach der Grundform Fig. 331. Derselbe ist von dem Bauinspector Herrn **Nottebohm** für das Giesshaus der Hubertushütte bei Königshütte in Schlesien ausgeführt. Die $2^1/_2$ Stein starken Umfassungswände des 15,7 Meter tiefen Giesshauses sind unter den Bindern durch 3 Stein starke Pfeiler verstärkt.

Die Entfernung der Binder von Mitte zu Mitte beträgt 3,55 Meter, bei den Thüröffnungen aber 5,31 Meter und haben hier die schmiedeeisernen Zugstangen 4,3 Centim., bei der kleineren Binderentfernung aber nur 4 Centim. Durchmesser erhalten.

Die Hauptstreben, deren Querschnitt Fig. 334 darstellt, bestehen aus zwei durch eichene Dübel von 20 □ Centim. Querschnitt verbundene Hölzer, von denen das obere 21 Centim. breit und 15,7 Centim. hoch, das untere dagegen 26,2 Centim. breit und 21 Centim. hoch ist.

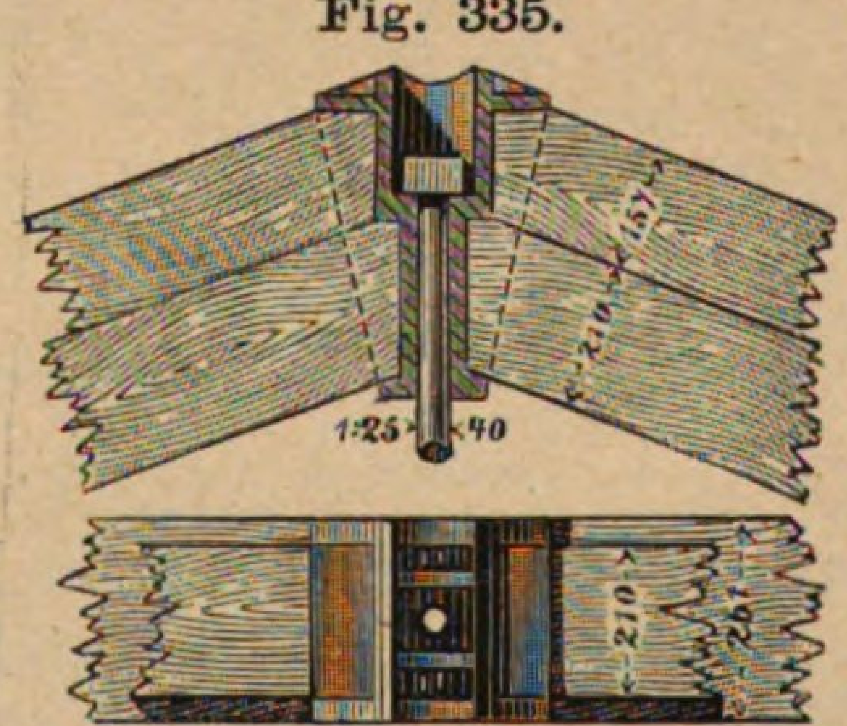
Fig. 334.



Die Fetten bestehen aus Bohlenstücken von 21 Centim. Höhe und 6,5 Centim. Breite; ihre Befestigung auf den Bindern ist aus Fig. 334 ersichtlich. Sparren sind nicht vorhanden, sondern es ist die Dachschaalung in **diagonaler** Richtung unmittelbar auf die Fetten genagelt, wesshalb diese entsprechend nahe an einander gelegt sind.

Die Köpfe der beiden Streben stecken in einem gusseisernen Hute, der in Fig. 335 in $^1/_{25}$ der wirklichen Grösse im Schnitte und im Grundrisse dargestellt ist. Die Hängestange geht durch die mittlere Oeffnung des Hutes; sie hat oben einen quadratischen Kopf, der sich zwischen entsprechende Rippen des Hutes legt, wodurch die Drehung der Hängestange verhindert wird, wenn man die untere Mutter anschraubt.

Fig. 335.



Das Detail des gusseisernen Schuhes, der die Fussenden der Streben aufnimmt, zeigt Fig. 336 im Grundrisse, im Längenschnitte und im Querschnitte. Der Schuh hat unten eine Vertiefung, welche eine Stahlplatte aufnimmt, deren hinteren hakenförmigen Vorsprünge ein Herausziehen der Platte verhindern. An der vorderen Oese dieser Stahlplatte ist die Zugstange befestigt, deren Länge durch eine Schraubenmutter regulirt werden kann.

Fig. 336.

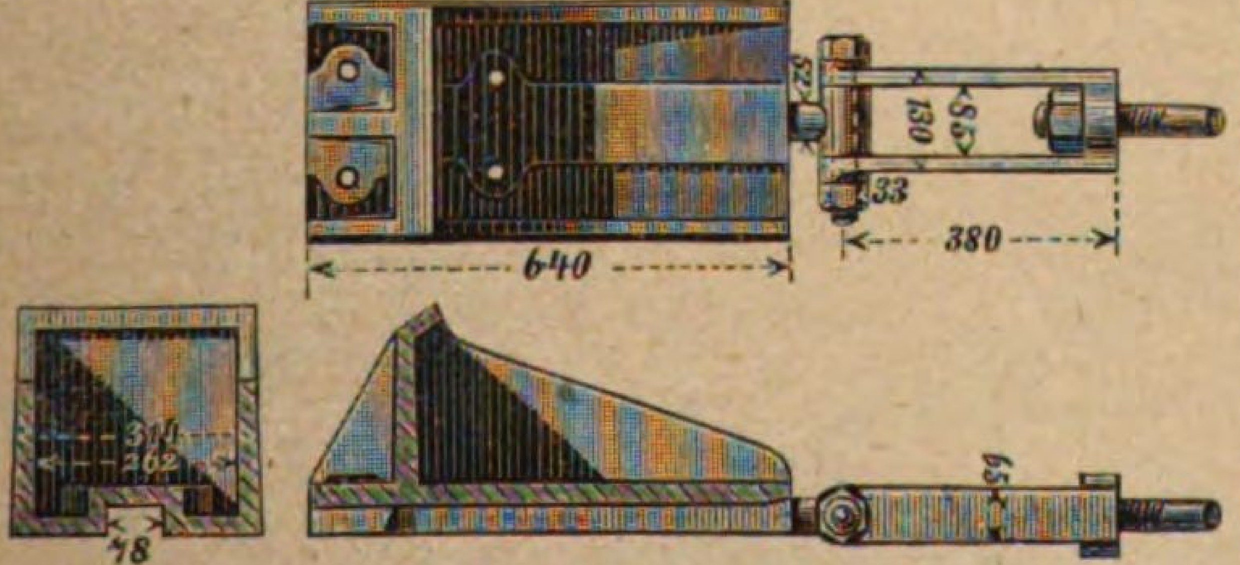


Fig. 337.

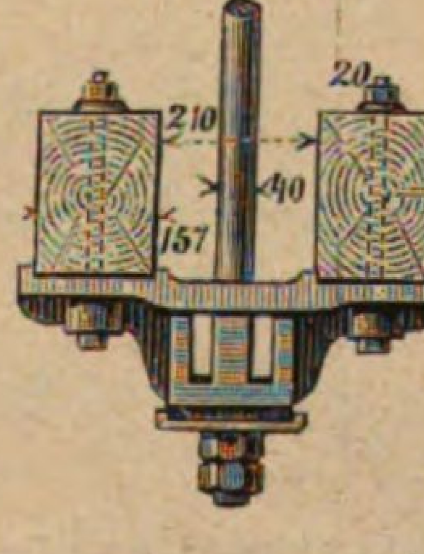
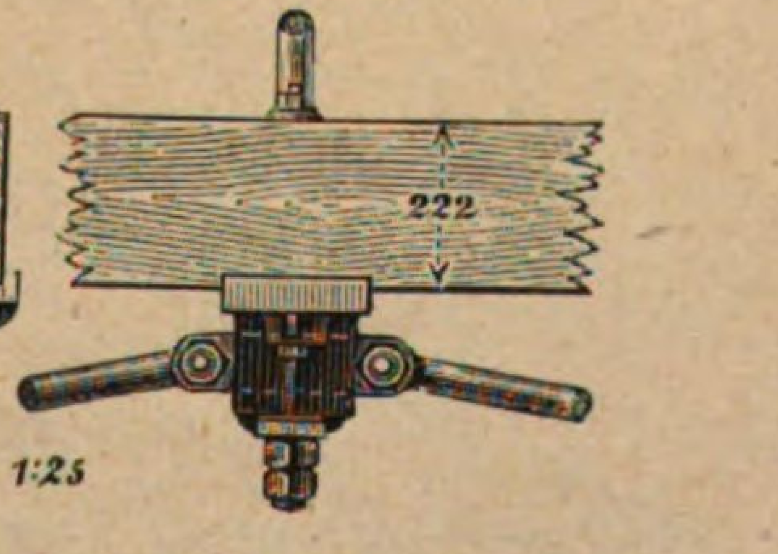


Fig. 338.



Die beiden Zangen, welche mit den Streben durch Schraubenbolzen verbunden sind, liegen auf einem Gussstücke, was von der Hängestange getragen wird, wie es Fig. 337 und 338 darstellt. Zur Verbindung der beiden Zugstangen dienen zwei schmiedeeiserne

Flacheisenstücke, diese sind durch die beiden Oeffnungen des Gussstückes Fig. 337 gesteckt und bilden mit den Zugstangen Charniere. Das Durchhängen der Zugstangen wird von den beiden schwachen Hängestangen, Fig. 10, **Blatt 4** verhindert, indem diese die Last der Stangen tragen.

Eine andere Binderconstruction, bei der die Hauptstreben von einem Kehlbalken unterstützt werden, ist in Fig. 339 dargestellt. Der untere Balken *g*, in dem die Streben *a* versatzt sind, ist nicht durch die ganze Gebäudetiefe geführt, sondern in der Mitte unterbrochen und durch eine eiserne Zugstange ersetzt, die in der Mitte eine Kuppelung, nach Fig. 114 oder 115, hat, wodurch der Balken verkürzt oder verlängert werden kann. Die Verbindung des Balkens mit der Zugstange bei *bb* Fig. 339 kann nach Fig. 340 durch einen angeschweissten schmiedeeisernen Bügel bewirkt werden. Damit die Strebenfüsse nicht ausgleiten können, sind sie noch mit dem unteren Balken durch Schraubenbolzen verbunden. Im First sind die Strebenköpfe in die Säule *i* eingezapft, von wo aus die Firstfette auch durch Kopfbänder unterstützt ist. Die beiden Hängestangen *d* haben das Durchhängen des Balkens *g* zu verhindern.

Fig. 339.

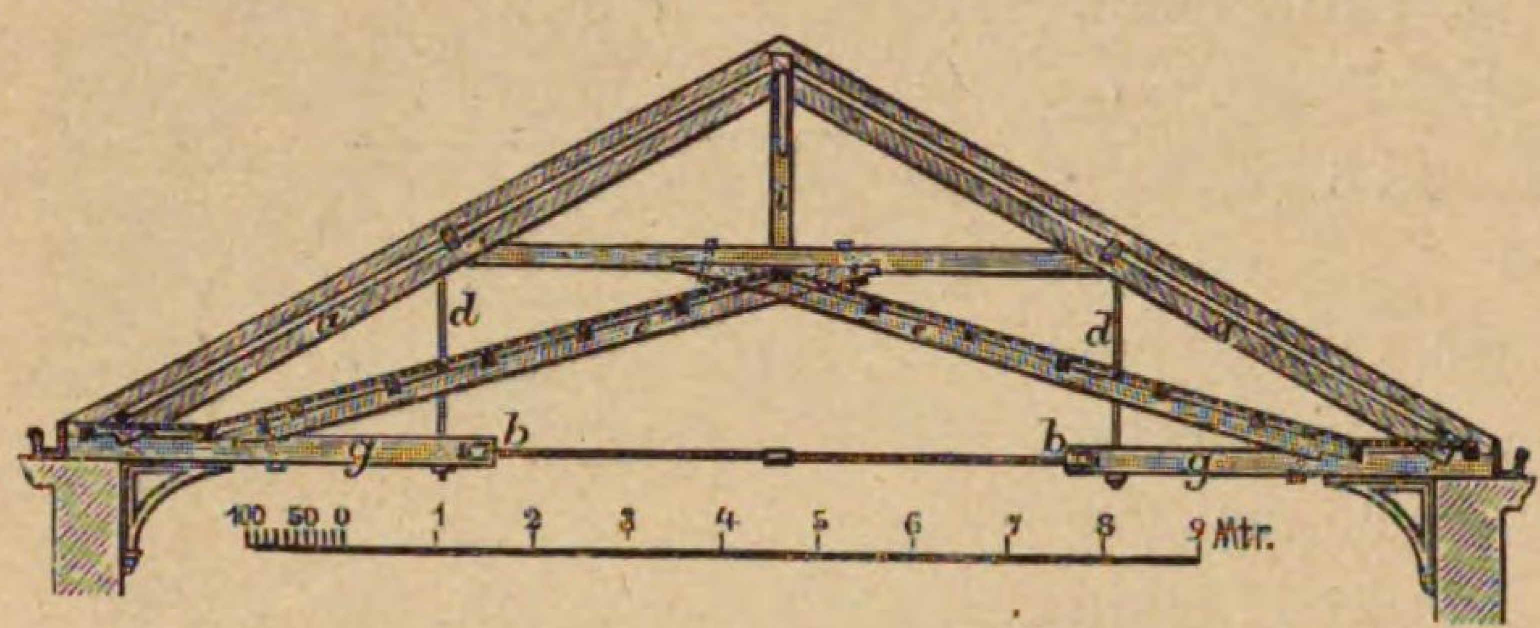
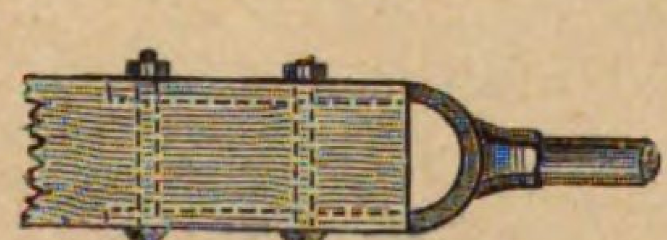


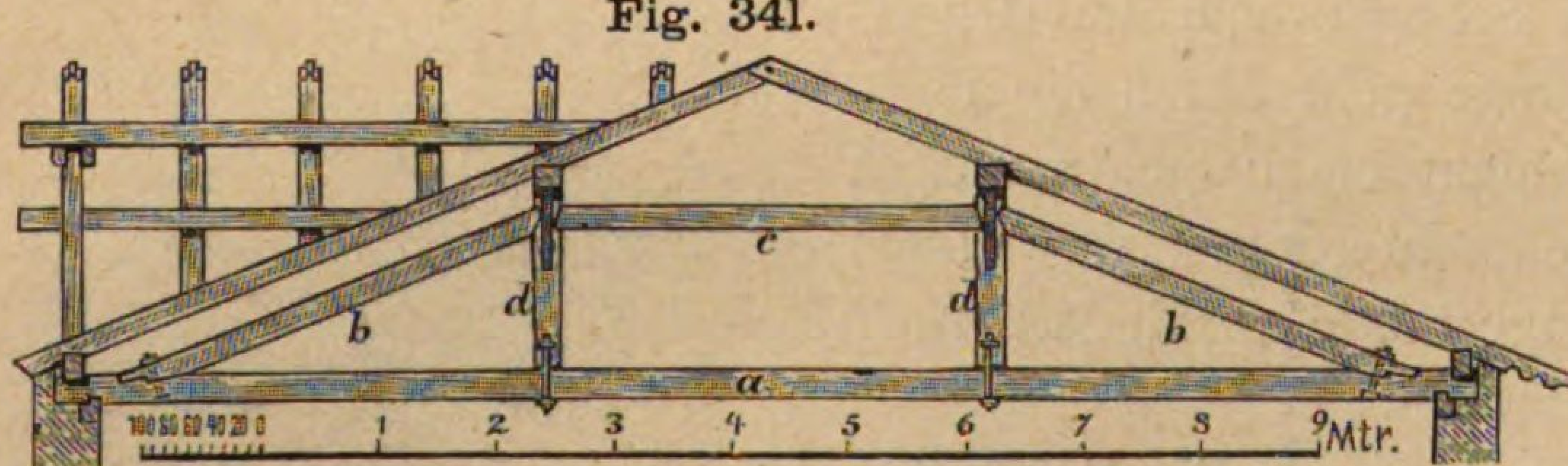
Fig. 340.



Die unteren Streben *e* gehören nicht zu der eigentlichen Binderconstruction, sondern sie tragen die Decke des Saales; dieselben sind ebenfalls in den Balken *g* versatzt und mit demselben verschraubt. Oben sind sie überschnitten, in dem Kehlbalken versatzt und mit demselben durch Schraubenbolzen verbunden.

Sehr gebräuchlich als Dachbinder ist das **doppelte Hängewerk** (das einfache Hängewerk zeigt Fig. 319). In Fig. 341 ist ein solcher Binder von 11 Meter Spannweite dargestellt, wie er für den Presssaal und Siederaum der Zuckerfabrik **Broitzem** bei Braunschweig zur Ausführung gekommen ist. Die Fussenden der Streben *b* sind in dem Balken *a* versatzt und mit diesem rechtwinklig zur Strebe verbolzt. Oben greifen die Streben mit Versatz in die Hängesäulen *d*, welche durch den Spannriegel *c* auseinandergehalten werden. Am Fusse der Hängesäulen sind Hängeeisen befestigt, wobei unter dem Balken ein mit passenden Löchern versehenes Flacheisen gelegt ist, gegen welches die Muttern der Hängeeisen drücken.

Fig. 341.

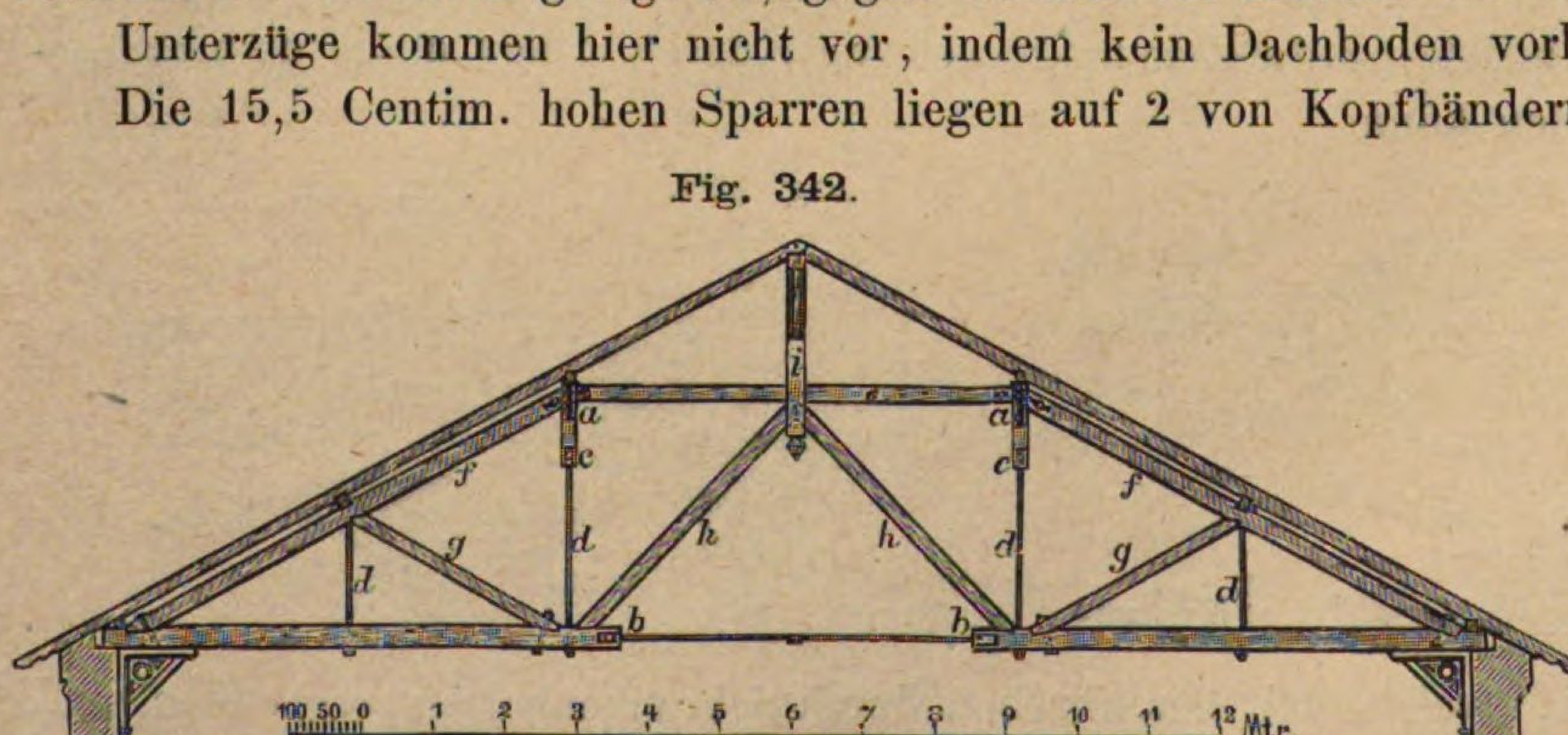


Unterzüge kommen hier nicht vor, indem kein Dachboden vorhanden ist.

Die 15,5 Centim. hohen Sparren liegen auf 2 von Kopfbändern unterstützten Fetten, und sind die Binder 3,6 Meter von Mitte zu Mitte entfernt, zwischen denen 3 Leersparren vorkommen.

Ein Hängewerk von 19 Meter Spannweite zeigt Fig. 342. Hier ist der Hängebalken in der Mitte unterbrochen, so dass beide Balkentheile bei *b* durch eine

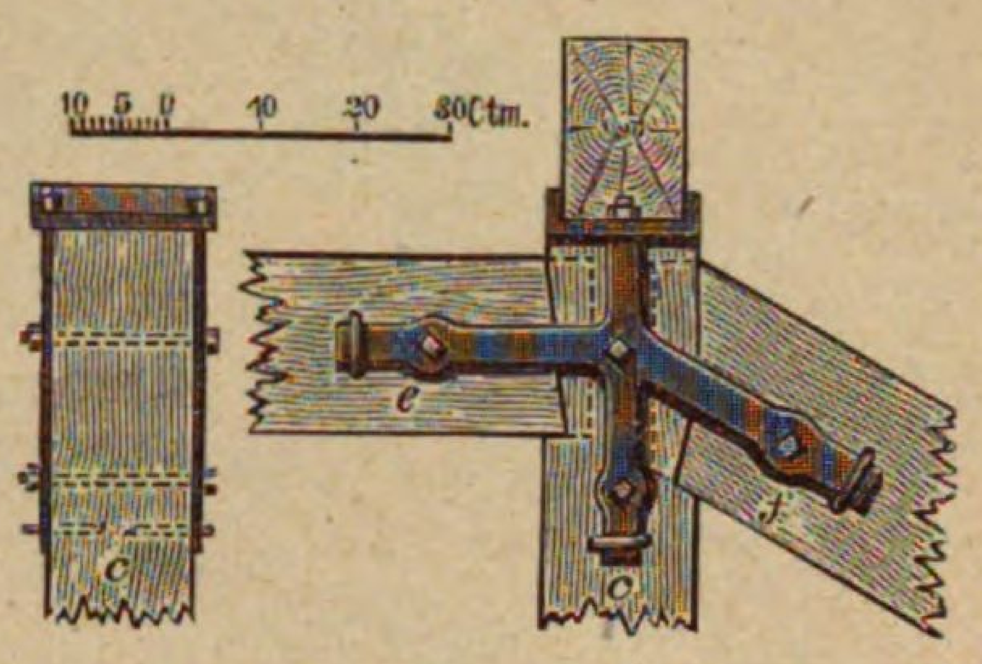
Fig. 342.



regulirbare Zugstange verbunden sind. Die Streben *f*, mit den Hängesäulen *c* und dem Spannriegel *e* verbunden, bilden ein doppeltes Hängewerk, indem der Hängebalken von den beiden mittleren Hängestangen *d* getragen wird.

Fig. 343 giebt die Verbindung der Hängesäule, bei *a*, mit der Strebe und dem Spannriegel. Da erstere durch die beiden letzteren Theile sehr geschwächt wird, so ist auf dem Kopfe der Hängesäule eine Spannplatte gelegt, die mit den beiden schmiedeeisernen Ankern, wodurch die drei verbundenen Theile zusammengehalten werden, verschraubt ist. Die Verbindung der Hölzer mit den Stangen bei *b* und *c* kann nach Fig. 340 bewirkt werden.

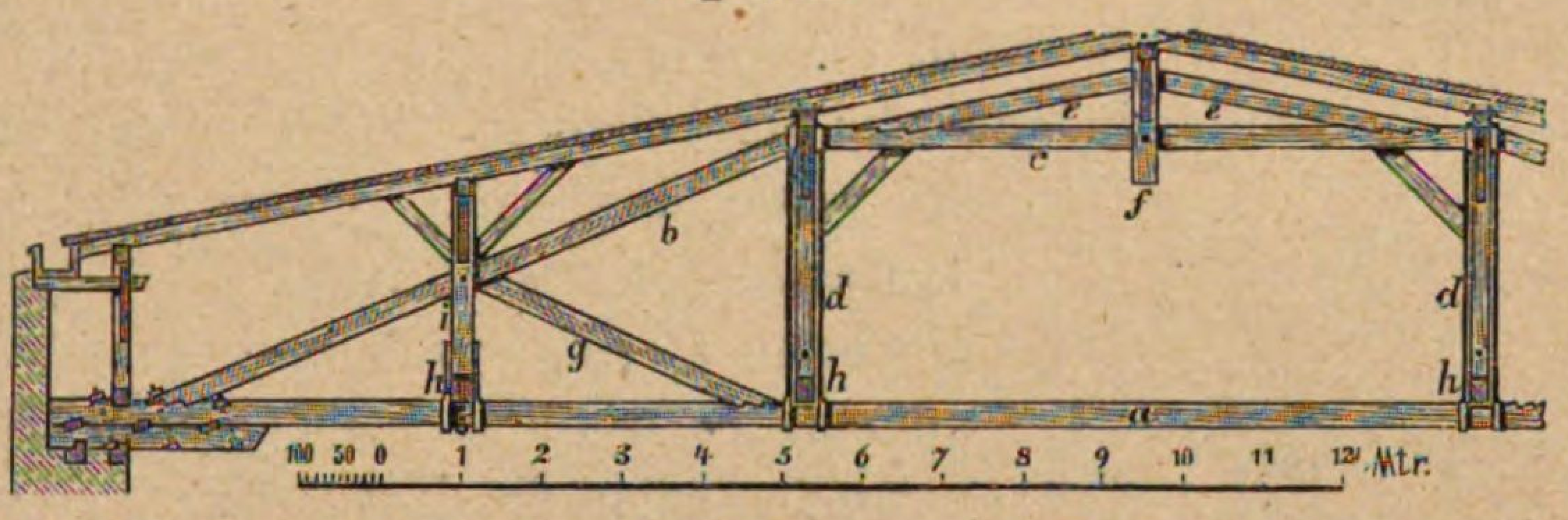
Fig. 343.



Von den beiden aufgehängten Punkten des Hängebalkens, Fig. 342, gehen 2 Streben *g* gegen die Hauptstreben *f*, wodurch einerseits die auf *f* liegende Fette unterstützt, andererseits aber auch ein weiterer Aufhängepunkt für die Hängebalken erhalten wird. Die Streben *h* gehen von denselben Punkten gegen die mittlere Säule *i*, auf der die von Kopfbändern unterstützte Firstfette liegt. Der Spannriegel *e* geht durch *i* hindurch, da diese Säule aus 2 zusammengelegten Hölzern besteht.

Das in Fig. 344 gezeichnete Hängewerk wurde von dem Archit. **Ed. Titz** für das Dach des Königssaales im **Kroll**'schen Etablissement zu Berlin ausgeführt; dasselbe überspannt einen Raum von 25,1 Meter lichter Weite. Die Binder sind in Entfernungen von 4,36 Meter von Mitte zu Mitte angeordnet, wobei auf den von Kopfbändern unterstützten Fetten 4 Leersparren zwischen je zwei Bindersparren liegen.

Fig. 344.



Der Hängebalken *a* wird an den Auflagern von Sattelhölzern unterstützt, die mit ihm verdübelt und durch Bolzen verschraubt sind. Die Hauptstreben *b* greifen mit 3 facher Versatzung in den Hängebalken *a* ein, wobei das Ausgleiten der Strebenfüsse durch Schraubenbolzen verhindert ist. Spannriegel *c* und die Strebenköpfe stossen unmittelbar aneinander, da jede dieser Verbindungen in einem eisernen Hut steckt, an den sich die aus 2 Hölzern bestehenden Hängesäulen *d* anlegen. Die Längenträger *h*, an denen zwischen je 2 Binder mittelst schmiedeeiserner Bügel 3 Balken aufgehängt sind, hängen, nach dem Detail der Hängesäule Fig. 345 und 346, in schmiedeeisernen Bügeln an den von Sattelhölzern unterstützten Fetten, während die Hängebalken in besonderen schmiedeeisernen Bügeln an dem Hute der Hauptstreben aufgehängt wurden.

Fig. 345.

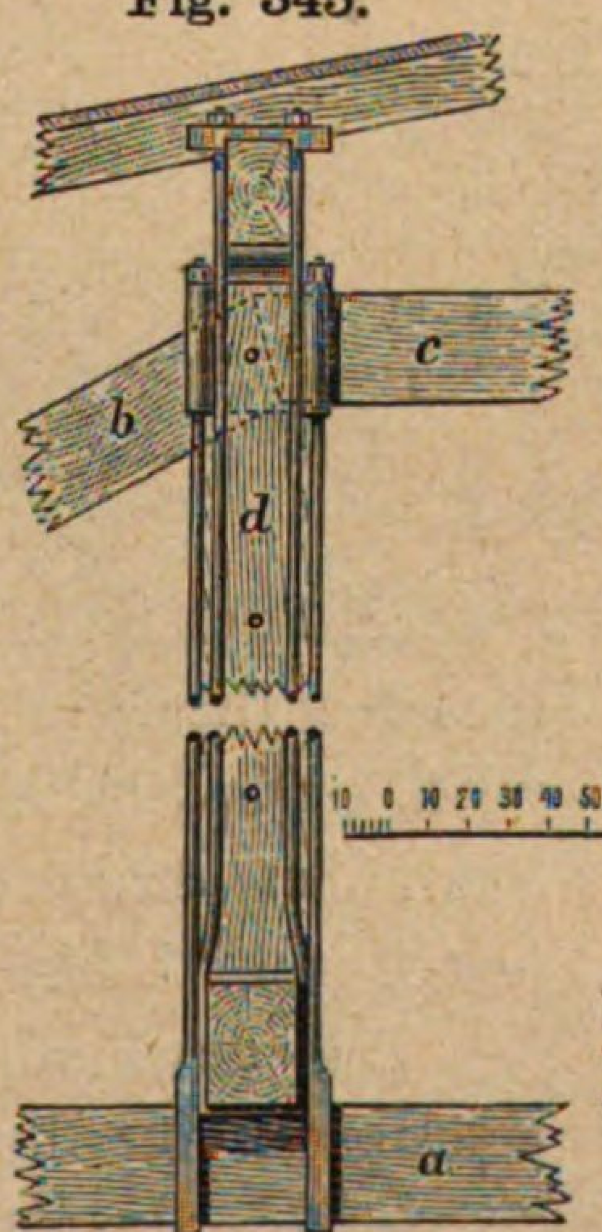
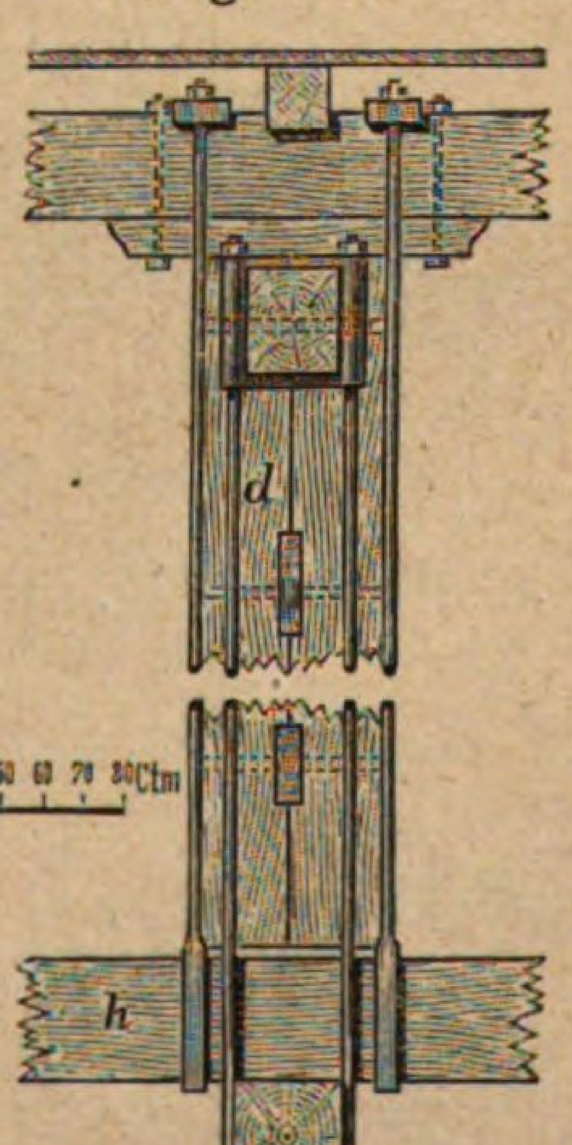


Fig. 346.



Auf dem Spannriegel *c*, Fig. 344, stützen sich die Streben *e*, welche die Hängesäule *f* tragen. Diese besteht aus 2 Hölzern, die Spannriegel und Streben zangenartig umfassen und oben die Firstfette aufnehmen.

Die Streben *g* legen sich gegen die Hauptstreben *b* und bilden mit dieser einen Aufhängepunkt für die aus 2 Hölzern bestehenden Hängesäulen *i*, an denen ebenfalls mittelst eiserner Bügel der Längenträger und der Hängebalken aufgehängt sind. Der mittlere freie Raum in den Bindern dient als Malersaal zur Herstellung der Theaterdecorationen des Etablissements.

Für Hängewerke schwererer Construction kann man im Allgemeinen annehmen, dass der Balken mindestens alle 4,5 bis 5,0 Meter, bei leichteren alle 5,6 bis 6,3 Meter durch eine Hängesäule aufgehängt werden muss. Der Hängebalken erhält mindestens ein 0,5 Meter langes Auflager; er wird für schwerere Constructionen ca. 32, für leichtere 29 Centim. hoch genommen. Der Fuss der Streben muss mindestens 30 Centim. vom Balkenende zurück stehen. Streben von geringer Neigung erhalten 2 bis 3fache Versatzung hintereinander und Verbolzung des Strebenfusses mit dem Balken rechtwinklig zur Strebe gerichtet, wie es Fig. 347 andeutet. Die Höhe der Versatzung beträgt $^1/_6$ der Holzstärke.

Fig. 347.

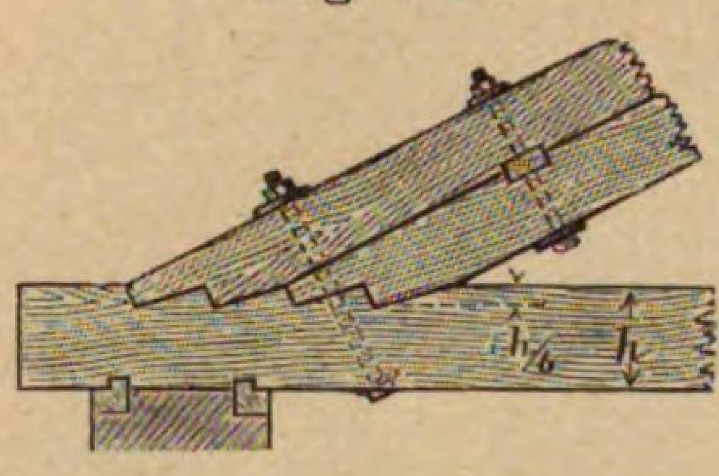
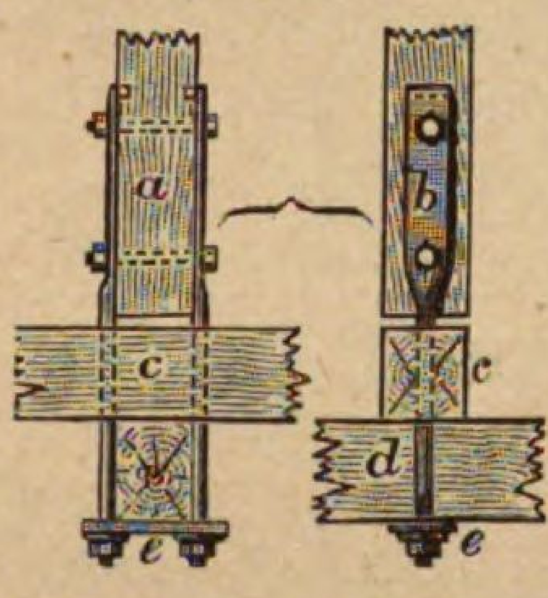


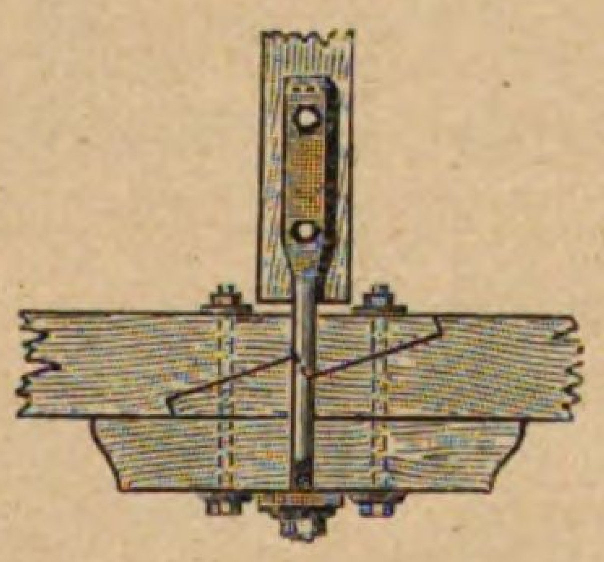
Fig. 348 zeigt eine leicht ausführbare Aufhängung eines Unterzuges an der Hängesäule. Die Hängeeisen *b* bestehen aus Flacheisen, die oben ein wenig umgebogen und ausserdem durchlocht sind, um sie durch Schrauben mit der Hängesäule *a* verbinden zu können. Die umgebogenen Nasen der Hängeeisen greifen in die Hängesäule ein, wobei die Schrauben alle drei Theile fest verbinden. Die unten rund angesetzten und mit Gewinde versehenen Hängeeisen gehen durch den Hängebalken *c* und nehmen die schmiedeeiserne Spannplatte *e* auf, welche den Unterzug *d* trägt. Zwischen Hängebalken und Hängesäule bleibt etwas Spielraum, damit die Schrauben angezogen werden können, wenn dies nöthig wird.

Fig. 348.



Stossverbindungen der Hängebalken müssen unter Hängesäulen treffen und werden am besten durch untergelegte Sattelhölzer verstärkt, wie dies in Fig. 349 angedeutet ist. Hierbei ist kein Unterzug angenommen; wird ein solcher erforderlich und kann er unter dem Hängebalken nicht angebracht werden, so legt man denselben auf den Hängebalken, entweder **unter** die Hängesäule, wie in Fig. 345, oder **darneben**.

Fig. 349.



Die Verbindung der Streben mit der Hängesäule erfolgt gewöhnlich durch Versatzung, nach Fig. 350, wobei über dem Kopfe der Streben 20 bis 30 Centim. Holz an der Hängesäule nöthig sind. Ebenso verbindet man auch die Hängesäule mit der Strebe und dem Spannriegel, wie es in Fig. 351 dargestellt ist. Wenn Raum für den Kopf der Hängesäule fehlt, so kann die Verbindung nach Fig. 343 gewählt werden. Wird die Hängesäule aus zwei Hölzern nebeneinander construirt, so schneidet man die Hirnflächen von Strebe und Spannriegel gegeneinander und fügt zur gleichmässigen Vertheilung des Druckes gewalzte Bleiplatten dazwischen. Dasselbe geschieht bei Anwendung eines gusseisernen Hutes, etwa wie ein solcher in Fig. 352 gezeichnet ist; hier ist keine hölzerne Hängesäule erforderlich, da dieselbe durch eine aus Rundeisen bestehende Hängestange *a* ersetzt wird. Die Strebe *b*, die Fette *c* und der Sparren *d* sind durch einen Schraubenbolzen miteinander verbunden. Die Streben macht man in der Regel 21 bis 26 Centim. hoch.

Fig. 350.

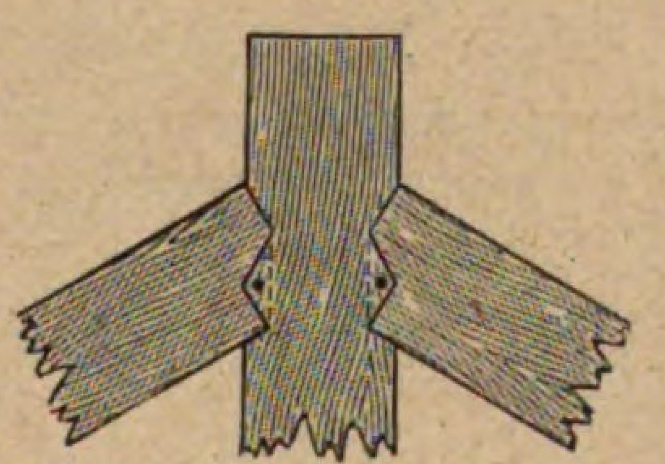


Fig. 351.

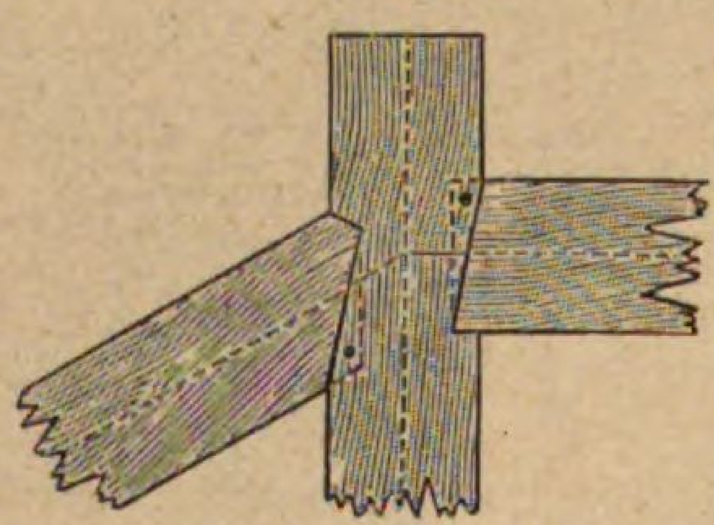
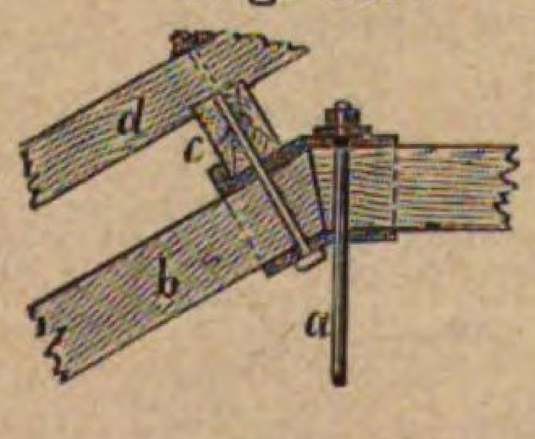


Fig. 352.



Das gewöhnliche zweifache Hängewerk, Fig. 341, wird am zweckmässigsten für die Construction so getheilt, dass die beiden Seitenfelder je $^3/_{10}$, das Mittelfeld aber $^4/_{10}$ der Spannweite erhält.

Eine sehr gebräuchliche Binderform, die aus zwei mit einander verbundenen armirten Trägern (Fig. 135) besteht, wurde zuerst von **C. Polonceau** für die Dächer der Stationsgebäude an der Eisenbahn zwischen Paris und Versailles angewendet. Fig. 353 a. f. S.

giebt einen derartigen Binder; hierbei stecken die Streben *a* unten in gusseisernen Schuhen, oben aber in einem gemeinschaftlichen gusseisernen Hut. Die Zugstangen *c* und *e* verbinden beide Strebenschuhe mit einander und verhindern das Ausgleiten derselben, wogegen die Zugstangen *d* die Knotenpunkte *s* mit dem Strebenhute verbinden, wodurch bei *s* ein fester Stützpunkt für die Stütze *b* erhalten wird, welche die auf den Streben liegende Fette trägt.

Fig. 353.

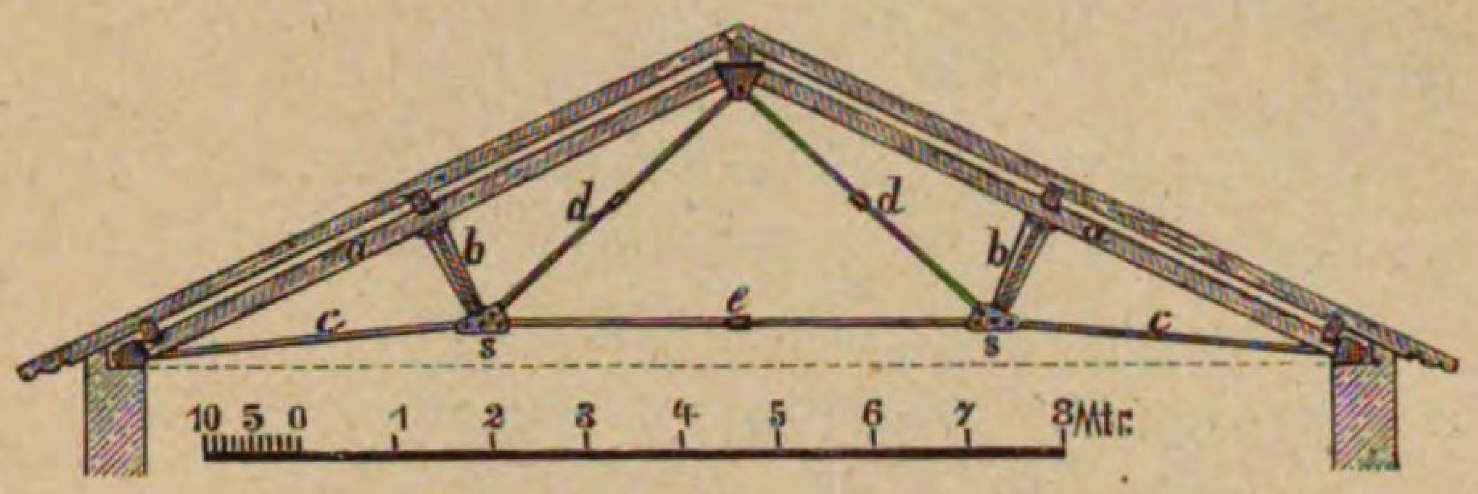


Fig. 354.

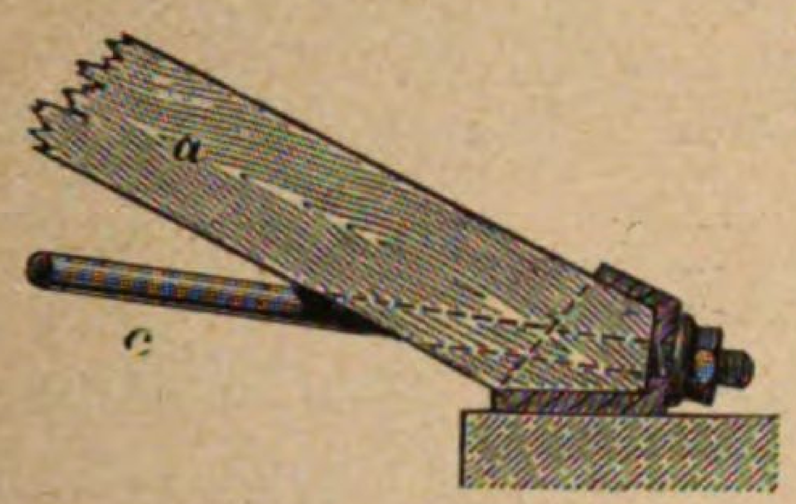


Fig. 355.

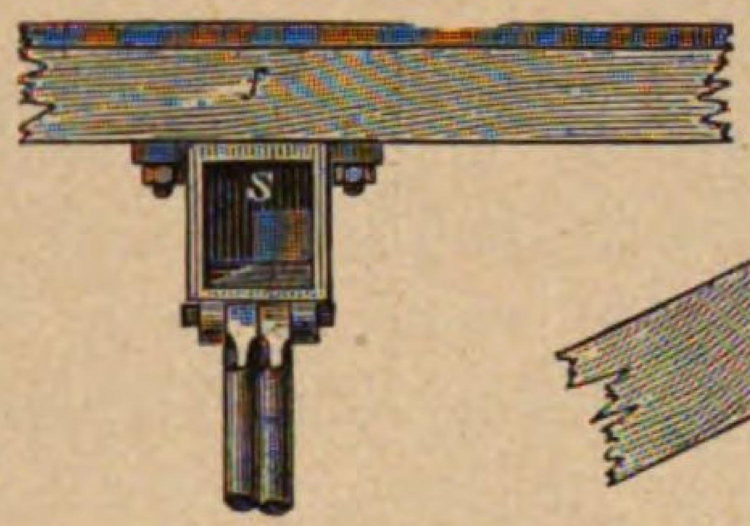
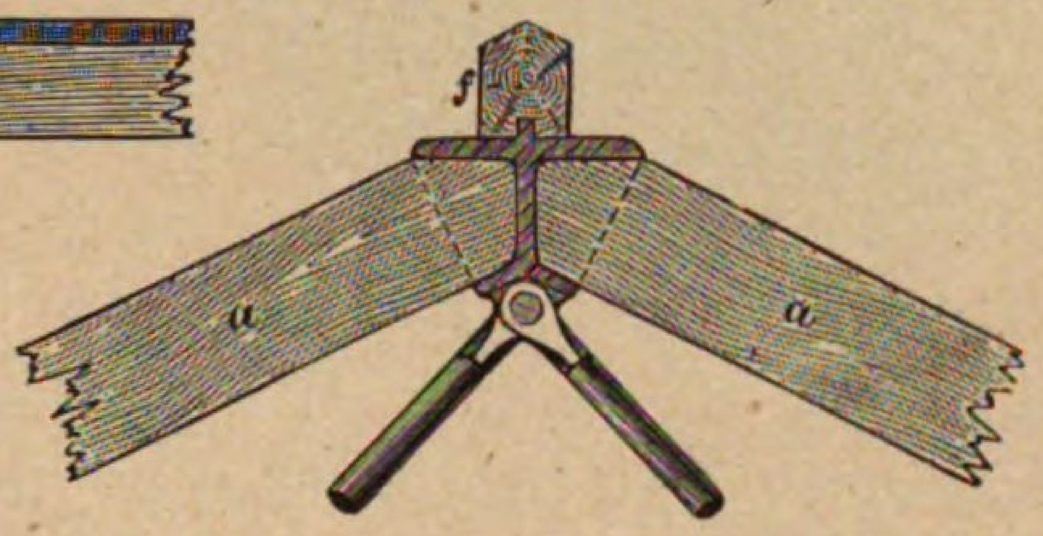


Fig. 356.



Das Detail der gusseisernen Strebenschuhe ist in Fig. 354 dargestellt. Um die Zugstange *c* aufnehmen zu können, ist die Strebe *a* durchbohrt, oder von unten aufgeschlitzt und hinten normal zur Zugstange abgeschnitten. Die Zugstange *c* hat an ihrem Ende Gewinde und Mutter, damit die Stange beliebig gespannt werden kann. Die Zugstangen *d* und *e* sind in ihrer Mitte mit Kuppelungen nach Fig. 114 und 115 versehen, wodurch auch die Spannung in diesen Stangen regulirt werden kann. Da jede der Streben *a* als ein Balken auf 3 Stützpunkten zu betrachten ist, so wird es vortheilhaft sein, die Spannung in den Zugstangen derartig zu reguliren, dass die Streben *a* auf den Stützen *b* ein wenig hohl liegen, oder dass die Stütze *b* um den Betrag nach Formel (59) gesenkt ist.

Der gusseiserne Strebenhut *S* Fig. 355 hat an jeder Seite ein Ohr, woran mittelst Schrauben die Firstfette *f* befestigt ist. In dem unteren Charnier sind die beiden Zugstangen *d* übereinander angeordnet, so dass sie, wie der Schnitt Fig. 356 zeigt, einen gemeinschaftlichen Bolzen haben. Der Schnitt Fig. 357 zeigt eine etwas andere Einrichtung des Strebenhutes, indem die Zugstangen nebeneinander liegen und jede Stange einen besonderen Bolzen hat. Der Strebenhut Fig. 358 unterscheidet sich insofern von den beiden vorhergehenden Constructionen, dass hier die Firstfette *f*, worauf die Sparren *S* ruhen, zwischen zwei Rippen des Strebenhutes liegt, und dass die Zugstangen eine gabelförmige Gestalt haben, so dass sie die mittlere Rippe des Hutes umfassen und mit dieser durch Bolzen verbunden sind. Die schwächere verticale Zugstange dient zum Aufhängen des horizontalen Theils der Hauptzugstange.

Fig. 357.

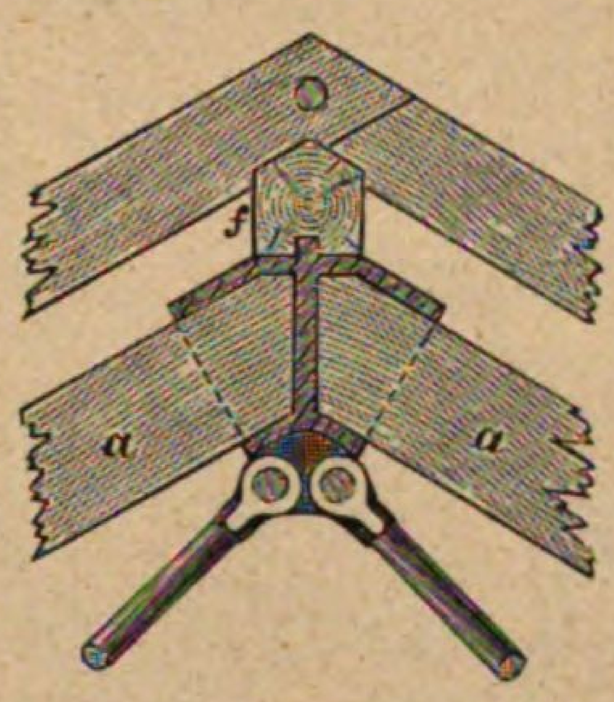
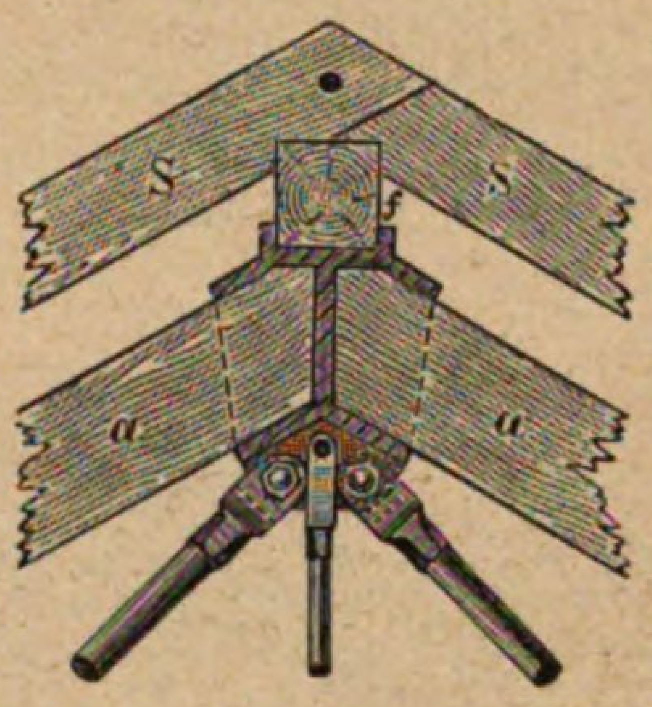


Fig. 358.



Auf **Blatt 4,** Fig. 12 ist ein Dach nach dem **Polonceau**'schen System dargestellt, wie es für den Revisionsschuppen der **Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn***) auf dem Bahnhofe zu Berlin ausgeführt wurde; dasselbe überdeckt einen Raum von 108,63 Meter Länge und 78,82 resp. 90,11 Meter Breite. Das ganze Dach wird von 110 gusseisernen Säulen getragen, die bis zum Auflager der Dachbinder 5,652 Meter Höhe haben. Die Länge des

*) Mitgetheilt vom Herrn Baurath **Römer** in Erbkam's Zeitschrift f. Bauwesen 1871. S. 449—452.

Raumes ist in 8 Schiffe getheilt, von denen 5 eine Breite von 12,6 Meter und 3 eine Breite von 15,21 Meter erhielten. Jedes Schiff ist mit einem Satteldache überdeckt, in der Weise, dass nach Fig. 12 **Blatt 4** auf den Säulen die gusseisernen Strebenschuhe befestigt sind, welche die Zugstangen der Binder aufnehmen. Die zwischen je zwei Schiffen liegenden Regenrinnen leiten das Wasser durch die Binderschuhe in die Säulen, von wo es unter dem Fussboden durch gusseiserne Röhren abgeführt wird.

Obgleich sich in den Umfassungswänden grosse Fenster befinden, so konnte das Innere des Schuppens doch nur durch Oberlicht genügend beleuchtet werden. Diese Oberlichte haben eine Breite von $^2/_5$ der Schiffbreite, sie sind in allen Schiffen ausgeführt, nur in den Jochen, welche den Giebelwänden zu nächst liegen, sind sie fortgelassen.

Das Gebäude ist im Aeussern in gefugtem Ziegelbau hergestellt; die inneren Mauern sind glatt gefugt und getüncht. Der Fussboden ist, soweit die Maschinen reichen, mit Bohlen bekleidet, die andern Theile sind mit Basaltsteinen gepflastert.

Die Kosten des Baues betrugen bei einer Fundamenttiefe von 2,35 Meter, excl. Geleise, Schiebebühnen, Wasserkrahne, Gas- und Wasserleitung, sowie Fundamentirung der Arbeitsmaschinen pro □ Meter der bebauten Fläche 33 Mark.

In Bezug auf raschere Wasserableitung und Verhinderung von Schneeablagerung ist es zweckmässig dem Oberlichte grössere Neigung zu geben als der Dachfläche, es ist also die äussere Dachform Fig. 2, **Blatt 4** geeigneter als die Form Fig. 12. Bei den **Polonceau**'schen Bindern ist diese Form leicht dadurch zu erreichen, dass man auf dem Strebenhute Stützen anordnet, welche die Firstfette tragen.

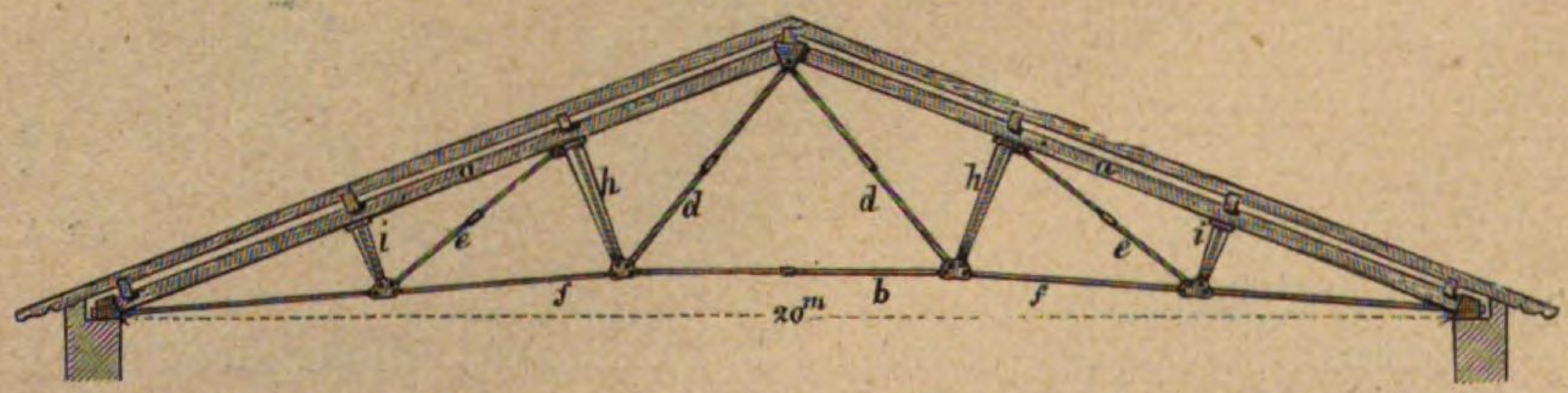
Die rechteckigen Locomotiv- und Wagenschuppen (Fig. 6, **Blatt 4**), welche nach Baurath **Römer** *) die zweckmässigsten und billigsten sind, werden am besten mit solchen Polonceau'schen Bindern mit Oberlicht überdeckt. Mit allen Einrichtungen betragen, wenn gleiche Fundamenttiefen, gleiche Materialien- und Arbeitspreise vorausgesetzt werden, die Kosten pro Locomotivstand:

bei runder geschlossener Grundform von 50,2 Meter Radius . . .	7620 Mark
» ringförmiger Grundform von 41,4 Meter Radius	7848 »
» » » » 22,0 » »	7578 »
» rechteckiger Grundform	6300 »

Blatt 5, Fig. 5 zeigt noch ein Dach mit **Polonceau**'schen Bindern über dem Locomotiv-Schuppen einer französischen Bahn.

Der **einfache Polonceau**'sche Binder ist bis zu etwa 17 Meter Spannweite ausreichend. Für grössere Spannweiten werden in das **Hauptsystem** noch kleinere **Nebensysteme** eingeschaltet, die ihre Belastung durch Zugstangen auf die Hauptknotenpunkte übertragen. Ein solcher Binder, mit **einem** Nebensystem, wo also jede Strebe von 2 Stützen getragen wird, ist in Fig. 359 dargestellt. Die Stangen *f* und *d* sind die Hauptzugstangen der Binderhälften, die durch die Stange *b* vereinigt werden; die Stützen *h* sind daher die Hauptstützen, auf deren oberen Knotenpunkt die Last der Nebenstütze *i* durch die Zugstange *e* übertragen wird. Dieses Bindersystem ist für Spannweiten bis 20 Meter anwendbar.

Fig. 359.



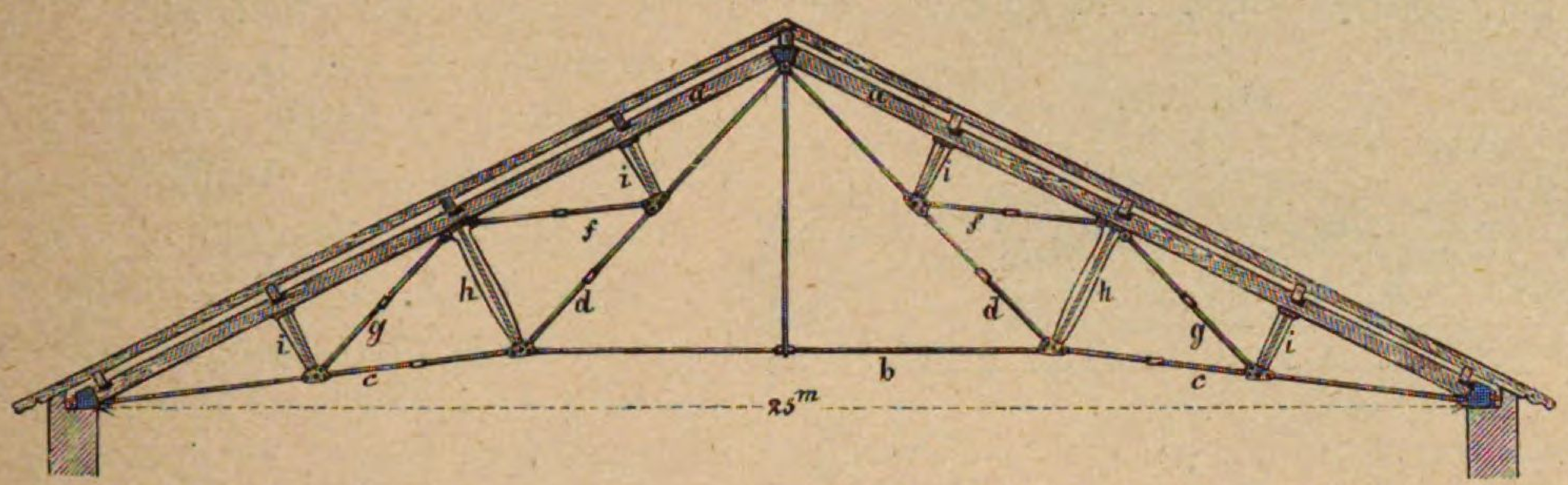
Der auf **Blatt 5**, Fig. 10 dargestellte Binder der **Zions-Kirche** zu Berlin ist nach diesem System construirt. Die kleinste Entfernung zweier Binder von Mitte zu Mitte beträgt hier

*) Vergl den Artikel »Grundform grösserer Locomotiv-Schuppen«. Deutsche Bauzeitung. 1870. S. 208.

7,12 Meter und sind zwischen den Bindersparren 7 Leersparren angeordnet. Da die Firstfette eine bedeutende Last erhält, so ist dieselbe durch eine Zugstange und 2 Stützen armirt. Das Dach ist mit Schiefer eingedeckt; nur der Anschluss an das Mauerwerk, die Kehlen und die Abfallrohre sind aus Zinkblech hergestellt.

Bei Spannweiten über 20 Meter ist die Binderform Fig. 360 der vorhergehenden Form

Fig. 360.



vorzuziehen; dieselbe ist ausreichend für Spannweiten bis 25 Meter. Die Hauptzugstangen der Binderhälften sind die Stangen *c* und *d*, von deren Knotenpunkt die Stütze *h* getragen wird. Von dem Kopfe dieser Stütze gehen die Zugstangen *f* und *g* aus, um die Last der Stützen *i* aufzunehmen. Die Zugstange *b* verbindet beide Binderhälften; da deren Eigengewicht nicht unerheblich ist, so wird diese Stange gewöhnlich an eine verticale Hängestange, welche nach Fig. 358 an dem Strebenhute befestigt ist, aufgehängt. Der Durchmesser dieser verticalen Hängestange beträgt nur 15 bis 20 Millimeter.

Die gusseisernen Stützen, welche in der Regel einen kreuzförmigen Querschnitt (nach Fig. 233) erhalten, können mit den hölzernen Streben in der Weise verbunden werden, dass man den Kopf der Stützen mit einer Flantsche versieht, die mittelst Holzschrauben (Fig. 117) an der Strebe befestigt wird; oder man gestaltet den Kopf der Stütze nach Fig. 361 und verbindet ihn durch einen Bolzen mit dem gusseisernen Lager, welches mit 2 Schrauben unter der Strebe festgeschraubt ist. Solche Lager erhalten zweckmässig 2 Rippen, die in dem Sparren eingeschnitten sind, damit das Lager sich nicht verschieben kann. Kürzere Stützen können auch nach Fig. 362 aus Schmiedeeisen construirt werden, doch müssen sie einen unverhältnissmässig grossen Durchmesser erhalten, um nicht einzuknicken, und da das Schmiedeeisen theurer ist als Gusseisen, so ist das letztere Material für Stützen vorzuziehen.

Fig. 361.

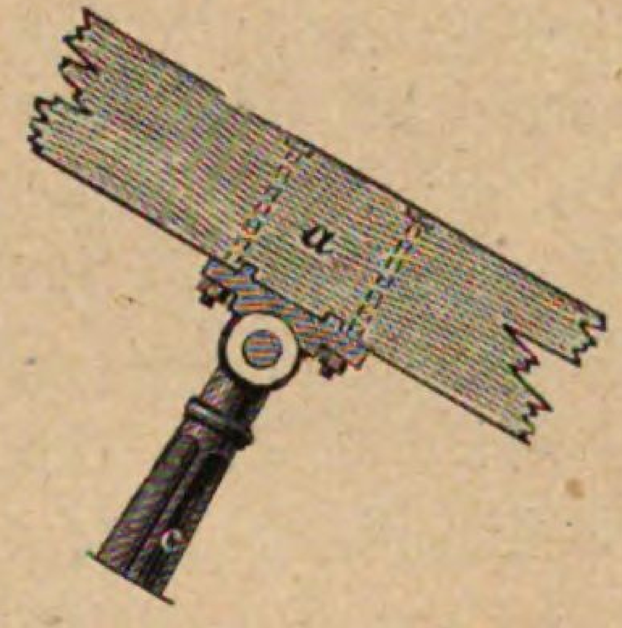
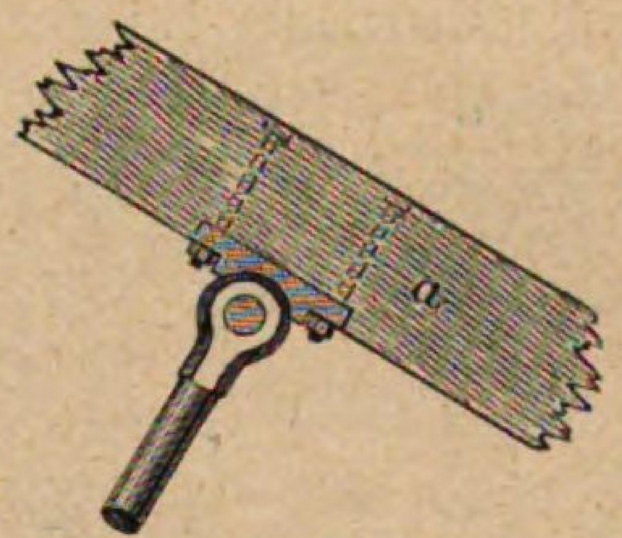


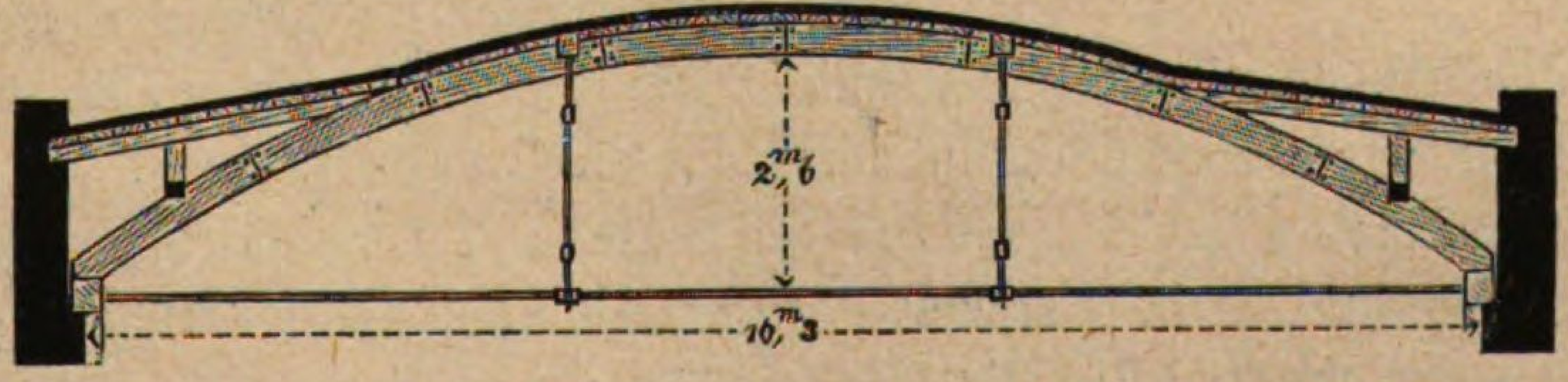
Fig. 362.



Die Bohlenbinder nach dem System des französischen Architekten **Philibert de l'Orme** erhalten eine halbkreisförmige oder spitzbogenförmige Gestalt. Derartige Binder können ohne Verankerung grosse Räume überspannen, indem sie keinen Seitenschub auf die Umfassungsmauern ausüben. Werden aber solche Binder als Stichbogen ausgeführt, so müssen die Mauerschwellen, worauf die Bogen aufgeklaut sind, durch Anker verbunden werden.

In Fig. 363 ist ein Bogengespärre nach dem obigen System dargestellt, wie es für die Decke des grossen Malersaales im **Hof-Opernhause** zu **Wien** ausgeführt wurde. Bei der Spannweite von 16,3 Meter hat das Gespärre eine Pfeilhöhe von 2,6 Meter. Die Bohlenbogen bestehen aus 3 Bohlen-

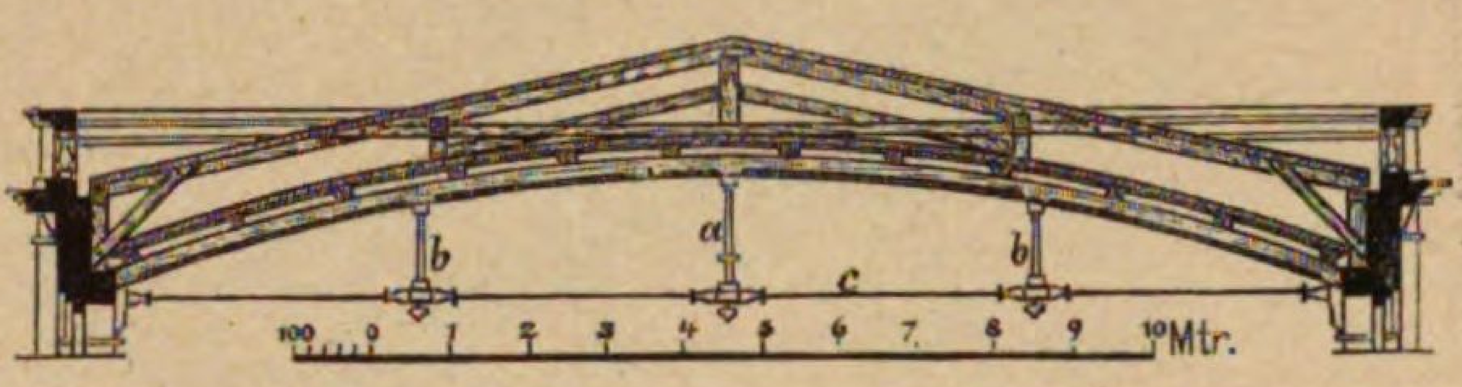
Fig. 363.



lagen, je von 5,3 Centim. Dicke und 29 Centim. Höhe, welche mit einander verschraubt sind. Diese Bohlenbogen wurden auf Mauerschwellen von $^{26}/_{31,5}$ Centim. aufgeklaut, die in Abständen von 4,2 Meter durch horizontale Zugstangen mit zweimaliger Aufhängung verankert wurden. Zwischen 2 Bundgespärren in diesem Abstande befinden sich 3 Leergespärre, welche durch Schaalung mit einander verbunden sind. Auf die Schaalung ist eine Schuttschicht gebracht und über diese ein Ziegelpflaster ausgeführt.

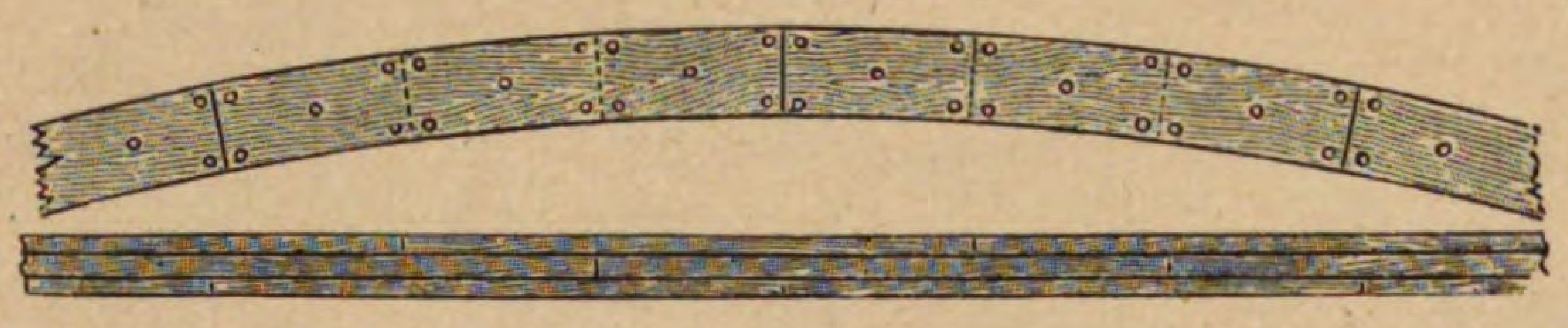
Fig. 364 zeigt einen Bohlenbinder, wie er als Decken- und Dachträger über dem Wartesaal I. und II. Klasse auf dem Bahnhofe zu **Görlitz**, der Berlin-Görlitzer-Bahn, zur Ausführung gekommen ist. Die Spannweite beträgt 15,75 Meter bei 1,41 Meter Pfeilhöhe, die Entfernung der Binder von Mitte zu Mitte 3,71 Meter. Fetten, auf denen die Deckenverschaalung genagelt ist, verbinden die einzelnen Binder untereinander. Die horizontale Zugstange *c* ist 3 mal aufgehängt, an den Hängestangen *a* und *b*, die durch Zinkguss entsprechend decorirt sind.

Fig. 364.



Für die Bohlensparren genügen bis 9 Meter Spannweite 2 Brettlagen von je 3,5 Centim. Stärke; bis 14 Meter Spannweite 2 Brettlagen von je 4,5 Centim.; bis 18 Meter Spannweite 3 Brettlagen von je 3,5 Centim. Stärke. Bei Spannweiten über 18 Meter werden die Bohlensparren aus 1 Bohle von 5 Centim. und 2 Brettern von je 3,5 Centim. Stärke construirt. Der Fuss der Bogen muss in der Mauerschwelle verzapft werden. Die Verbindung der Bohlenstücke geschieht am besten durch Verschraubung, indem Schraubenbolzen nach Fig. 365 durch die mit abwechselnden Stössen auf einander gelegten Bohlen gezogen werden.

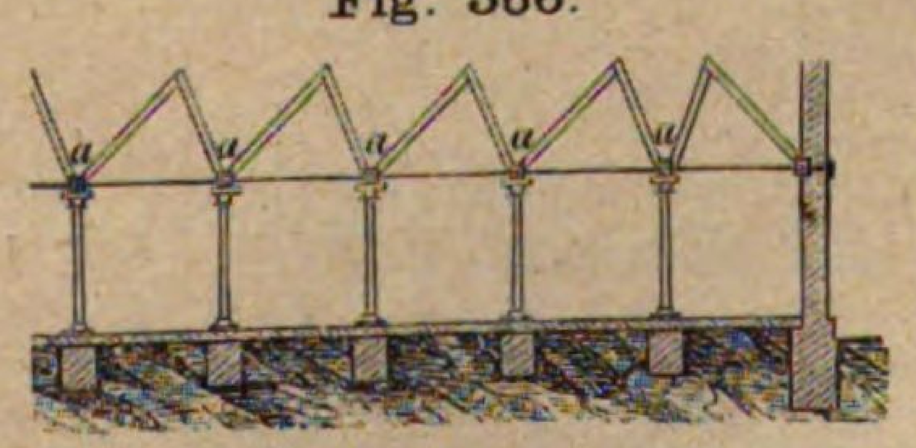
Fig. 365.



Ein anderes Bohlenbogensystem, welches von dem franz. Ingenieur-Obristen **Emy** für den Dachstuhl einer Reitbahn zu Libourne bei Bordeaux ausgeführt ist, besteht, abweichend von dem Delorme'schen System, darin, dass die möglichst langen Bohlen nicht hochkantig gestellt, sondern flach aufeinander gelegt, dann gebogen und darauf durch umgelegte Eisenbänder und durchgezogene Schraubenbolzen verbunden werden. Die Bohlenbogen nach dem Emy'schen System erfordern noch ein besonderes Dachgespärre, welches die Belastung auf dem Bogen gleichmässig vertheilt und ihn in der richtigen Lage festhält. Hierdurch wird die Herstellung dieser Binder complicirt und kostspielig, wesshalb sie selten zur Ausführung kommen.

Zur Bedachung von grösseren Werkstattgebäuden wird oft eine zusammenhängende Reihe von ungleichschenkligen Satteldächern angewendet, deren langer Schenkel fest eingedeckt, deren kurzer, steiler Schenkel aber verglast wird. Die Form dieser sogenannten **Shed-Dächer** (aus dem engl. Shed = Schuppen) ist in Fig. 366 angedeutet; sie wurde zuerst bei Ueberdachung von Webereien ausgeführt, wobei die steileren verglasten Schenkel dieser Satteldächer gegen Norden gerichtet sind, weil das schöne einseitige Nordlicht für die Manipulation an den Webstühlen günstig ist, da keine Sonnenstrahlen in den Saal eindringen können.

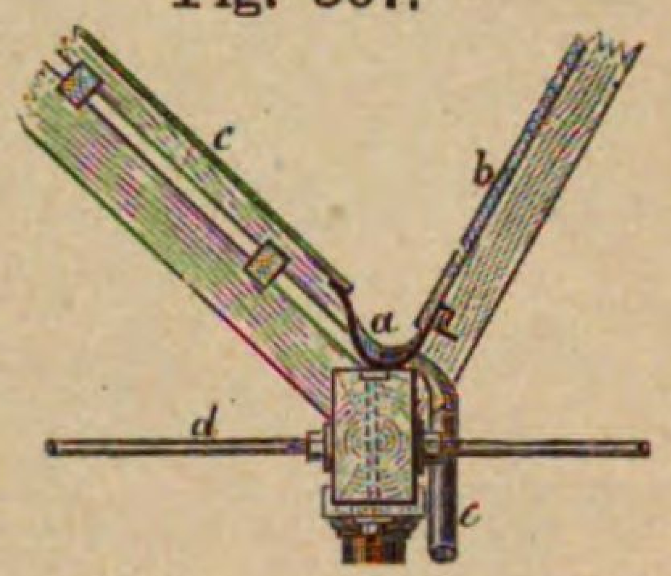
Fig. 366.



Nach Fig. 366 werden die Sattel auf Längenträger aufgeklaut, die von Säulen unterstützt sind. Diese stehen gewöhnlich nach beiden Richtungen in einer Entfernung von 4 bis 5 Meter und werden die Längenträger, welche mittelst Schraubenbolzen nach Fig. 367 a. f. S. auf den Säulen befestigt sind, durch Zugstangen *d* in der richtigen Lage festgehalten.

In dem Joche, welches der Umfassungsmauer zunächst liegt, wird oft der verglaste Schenkel entgegengesetzt von den übrigen Jochen gestellt, wie in Fig. 366 angedeutet ist, namentlich dann, wenn keine Fenster in den Umfassungswänden vorkommen, während bei Anordnung der Fenster in der Umfassungswand, das erste Joch meistens kein Oberlicht erhält, sondern als Dachfläche eingedeckt wird. Zu empfehlen ist im Allgemeinen bei Ausführung der Shed-Dächer, dass man die nördliche Wand mit Fenstern versieht, alle anderen Umfassungswände aber ohne Fenster herstellt; dabei dem Joch des Daches zunächst der nördlichen Wand kein Oberlicht giebt, und die verglasten Schenkel der übrigen Joche gegen Norden richtet.

Fig. 367.



Zur Ableitung des Regenwassers, welches sich in den auf den Längenträgern liegenden Rinnen *a* ansammelt, dienen die Rohre *e*, die entweder zur Seite des Trägers hinabgeführt werden, oder, wenn eiserne Säulen vorhanden sind, einfach durch den Träger gehen und das Wasser in die hohlen Säulen einführen. Die Glastafeln *b*, womit die steileren Schenkel der Satteldächer eingedeckt sind, werden am besten in Doppel-Haken aus Kupfer- oder Messingblech gehängt, die an den Zwischenträgern aus Winkeleisen hängen. Die Hölzer des eingedeckten Schenkels *c* können so nahe aneinander gestellt werden, dass man sie unmittelbar einschaalen kann, oder es können nach Fig. 367 Fetten angeordnet werden, auf welche die Schaalung genagelt ist; dies letztere dürfte in der Regel vorzuziehen sein.

Wenn in einem Dachwerke aus Holz, des inneren freien Raumes wegen, eiserne Zugstangen nicht vorkommen sollen, so wendet man **Sprengwerke** an, wie solche auf **Blatt 5**, Fig. 6 bis 9, dargestellt sind. Hierbei gehen von den Umfassungswänden aus, solche Streben gegen das Gespärre, die im Stande sind, durch geeignete Zangenverbindung, den Horizontalschub des Gespärres aufzuheben und ihn als senkrechten Druck auf die Umfassungswände zu übertragen.

Der in Fig. 6 gegebene Binder ist für das Dach eines Rindviehstalles ausgeführt, wobei es darauf ankommt, den Dachraum möglichst frei zu halten, damit man das Futter bis unter den First aufpansen kann. Die Hauptstreben dieses Binders tragen im First eine kurze Hängesäule *b*, woran die Doppelzange *c* aufgehängt ist, welche beide Hauptstreben zusammenhält. Den Schub dieser Hauptstreben nehmen die Streben *d* auf, die vermittelst der Zangen *e* und *f* mit den Hauptsparren zu einem festen Dreieck verbunden sind. Die Entfernung der Binder von Mitte zu Mitte beträgt bei diesem Dache 4,42 Meter und es sind eigentliche Sparren nicht vorhanden, indem die Fetten nahe genug aneinander gelegt wurden, dass die Schaalung direct darauf genagelt werden konnte. Da bei diesem Binder eine Balkenlage vorkommt, worin die Streben *d* versatzt sind, so ist er eigentlich kein Sprengwerk, sondern ein liegender Dachstuhl.

Das Sprengwerk, **Blatt 5**, Fig. 9, ist in derselben Weise construirt, wie der eben beschriebene Binder, nur ist hier der Kehlbalken *c*, welcher von der doppelten Hängesäule *b* getragen wird, mittelst eiserner Bänder mit den Hauptstreben *a* verbunden. Diese Verbindungsweise ist nicht zu empfehlen, da die Zangenconstruction Fig. 6 dem Ganzen mehr Festigkeit giebt. Der Wandpfosten *e* überträgt die halbe Last, welche der Binder aufzunehmen hat, auf eine Mauerschwelle, damit nun die Mauer von der Strebe *d* keinen Seitenschub erleidet, ist es nöthig, dass die Hölzer *a*, *d* und *e* zu einem unverschiebbaren Dreiecke vereinigt sind, was vornehmlich durch die Zange *f* bewirkt wird. Die Verbindung der Hölzer ist hier nicht solide durchgeführt; Fig. 6 kann vielmehr als Muster empfohlen werden.

Der Binder Fig. 7 hat dieselbe Grundform, wie der in Fig. 331 dargestellte, und werden die Streben *a* und die Zange *c* auf Druck beansprucht, die Hölzer *b* und *d* aber werden gezogen, weshalb sie zweckmässiger durch schmiedeeiserne Zugstangen zu ersetzen sind, wonach dann die Construction Fig. 331 entsteht.

Das grosse Sprengwerk Fig. 8 ist eine weitere Ausbildung des Systems Fig. 9, denn eine zweite Strebe geht von dem Wandpfosten aus gegen die Hauptstrebe, wo sie die

Fette, sowie eine andere Strebe unterstützt, die sich gegen den Spannriegel stemmt, der unter dem Kehlbalken angebracht ist. Die einzelnen Hölzer sind durch Schraubenbolzen oder mittelst schmiedeeiserner Bänder zusammenenhalten, was zur Vermehrung der Festigkeit an den Verbindungsstellen unbedingt nöthig ist.

Sprengwerke sind besonders aus dem Grunde nicht zweckmässig, weil, wegen Ueberschneidung der sich kreuzenden Hölzer, die Uebertragung der Spannungen und Pressungen nicht mit Sicherheit verfolgt werden kann.

II. Dachconstructionen aus Schmiedeeisen.

§. 72. Construction der Pultdächer aus Eisen.

Zwei Binder aus Schmiedeeisen resp. aus Schmiedeeisen und Gusseisen zeigen die Fig. 11 und 12 auf **Blatt 5**, die beide nach dem System der parabolischen Träger (Fig. 219) für eine lichte Spannweite von 8,6 Meter construirt sind. Der Binder Fig. 11 ist für Zinkdach auf Schaalung eingerichtet, die auf hölzerne Sparren genagelt ist. Die Sparren werden von 5 Stück armirten Fetten aus Winkeleisen getragen. Bei dem Binder Fig. 12 dagegen sind zahlreichere Knotenpunkte gewählt, da für die Eindeckung aus Zinkwellblech die Fetten näher aneinander gerückt werden mussten, weil hierbei keine hölzernen Sparren angewendet werden, sondern das Wellblech unmittelbar auf die Fetten gelegt und mittelst angelötheter Haften hinter denselben befestigt wird.

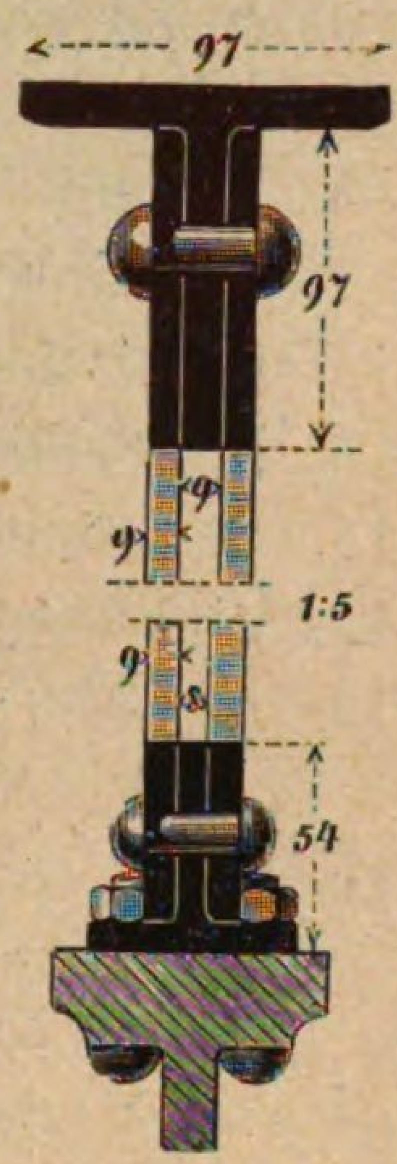
Die obere gedrückte Gurtung *a* Fig. 11 besteht aus einem Winkeleisen, an dessen Verticalschenkel an allen Stützpunkten entsprechend starke Blechplatten angenietet sind, woran die Stützen und Zugstangen vermittelst Bolzen befestigt wurden. An den Enden des Binders sind zu beiden Seiten der Blechplatten kurze Winkeleisen angenietet, die eine genügende Auflagerfläche bilden; mit diesen Flächen ruht der Binder auf gusseisernen Unterlagen, die wieder mittelst Anker auf resp. in der Mauer befestigt sind. Die Stützen *b* bestehen aus Gusseisen; sie haben einen kreuzförmigen Querschnitt, der nach der in Fig. 254 gegebenen Regel gebildet ist. Am untern Ende werden diese Stützen zwischen den Blechplatten, welche die Knotenpunkte der Zugstangen bilden, mittelst Drehbolzen festgehalten, während sie am oberen Ende gabelförmig gestaltet sind und die Blechplatten der oberen Gurtung zwischen sich aufnehmen, wobei die Verbindung der beiden Theile ebenfalls mittelst Drehbolzen bewirkt ist. Zur erforderlichen Anspannung, der an den Blechplatten der oberen Gurtung durch gabelförmige Oesen befestigten, aus Rundeisen bestehenden Zugstangen *c* und *d*, haben diese je eine Schraubenkuppelung nach Fig. 114 erhalten, wodurch ermöglicht wird, dass man die Stützen *b* in die richtige Höhenlage bringen kann. Das obere Auflager *f* ist kastenförmig gestaltet und mittelst Horizontalanker mit der Mauer verbunden; auf diesem Lagerstuhl sind die beiden Winkeleisen, die den Fuss des Binders bilden, mit 2 Schrauben festgeschraubt.

Wenn die Binderconstruction, Fig. 11, mit **beweglichen** Knotenpunkten auch theoretisch richtiger ist, als die Construction, Fig. 12, mit **festen** Knotenpunkten, so wird doch letztere wegen der einfacheren Herstellung, besonders bei einer grösseren Zahl von Knotenpunkten, gewöhnlich vorgezogen. Die obere Gurtung *a* besteht aus 1 oder 2 Winkeleisen, die untere *c* aus 1 oder 2 Flacheisen; ebenso bestehen die Streben *b* aus Winkeleisen, oder bei grösserer Länge aus T-Eisen, die Diagonalen dagegen aus Flacheisen. Ober- und Untergurtung sind an den Enden durch eine Blechplatte mittelst Nietung verbunden, hierbei werden die Auflagerflächen wieder aus 2 Winkeleisen gebildet, welche man zu beiden Seiten der Blechplatte annietet.

Da die obere Gurtung gedrückt wird, so muss dieselbe durch die Fetten seitlich **ausgesteift** sein, damit sie nicht einknicken kann; wenn daher die Fetten grosse Abstände von einander haben, ist auch der Gurtungsquerschnitt entsprechend grösser zu nehmen, als bei kleineren Fettenabständen, indem die Regeln des §. 44 zu berücksichtigen sind.

Blatt 6, Fig. 1 giebt ein Pultdach, welches über dem östlichen Perron der steuerfreien Niederlage zu Harburg (vergl. S. 131) ausgeführt ist. Die Binder bestehen aus schmiedeeisernen Gitterträgern, welche mit eisernen Stangen, die durch die Lisenen des Gebäudes gehen, aufgehängt sind. Die Länge der Binder beträgt 6,132 Meter, ihr Abstand von Mitte zu Mitte 4,088 Meter; sie sind durch 9 Stück schmiedeeiserne T-förmige Längsfetten in Abständen von 80,3 Centim. mit einander verbunden. In dem Querschnitte Fig. 368 sind die Dimensionen der T-Eisen und Gitterstäbe, woraus die Binder bestehen, in Millim. eingeschrieben. Die Dachrinne ist in der Weise gebildet, dass die Verticalrippe des unteren T-förmigen Gurteisens am Ende des Binders abgehauen und der so erhaltene Streifen Flacheisen, nach Fig. 10, **Blatt 6** gebogen, als Rinnenträger dient. Die Rinne selbst besteht aus galvanisirtem Eisenblech, welches an der unteren Fette befestigt ist. Die Eindeckungs-Tafeln reichen 6 Centim. über diese Fette hinaus, damit das Regenwasser gehörig in die Rinne eingeleitet wird. In der Ansicht ist die Dachrinne mit dem in Fig. 11 gezeichneten Muster aus Zinkblech decorirt, um die durch das Gefälle der Rinne gebildete auf- und absteigende Begrenzungs-Linie des Daches zu verdecken.

Fig. 368.



Die Ableitung des Wassers aus der Rinne geschieht durch die Abfallrohre *a*, Fig. 1, deren verticalen Stränge in offenen Mauerschlitzen neben den Lisenen hinabgeführt sind und in Brunnen ausmünden, von wo aus das Wasser unterirdisch in den Schifffahrtscanal abfliesst.

Die Verbindung der Fetten mit der oberen Gurtung der Dachbinder ist aus Fig. 12 und 13 zu ersehen, wobei zu bemerken ist, dass die Schraubenlöcher in den Winkellaschen etwas länglich gearbeitet sind, um den Fetten für Längenänderungen durch Temperaturverschiedenheit genügenden Spielraum zu gewähren. Nach einem Jahre zeigten sich die Fetten etwas durchgebogen, sie hätten daher etwas grössere Querschnittsdimensionen erhalten können.

Die Eindeckung dieses Daches besteht aus galvanisirtem Eisenwellbleche in Tafeln von 1,85 Meter Länge und 67,2 Centim. Breite, so dass 4 Reihen in der Richtung des Wasserlaufes erforderlich waren. In dieser Richtung beträgt die Ueberdeckung der oberen Reihe 26,8 Centim., der anderen beiden Reihen 32,8 Centim., während die Tafeln sich in der Längenrichtung des Daches nur 4,8 Centim. überdecken. Jede Tafel reicht über 3 Fetten und wird am oberen Rande durch die über ihr liegende Tafel und auf den andern beiden Fetten durch je 3 Haften aus verzinktem Eisenblech von 10,2 Centim. Länge, 2,4 Centim. Breite und 0,3 Centim. Dicke festgehalten.

Um das Dach in horizontaler Richtung unverschiebbar zu machen, sind von den Endfeldern und in dem Mittelfelde Windstreben angebracht, welche je ein Kreuz zwischen zwei Binder bilden.

Das ganze Gewicht der Construction ist pro Binderweite = 4,088 Meter Dachlänge:

Eigengewicht des Binders incl. Zugstange . . .	= 247,5	Kilogr.
Längsfetten	= 276,9	»
Schrauben dazu	= 1,9	»
Eindeckung	= 293,5	»
Rinne etc.	= 18,7	»
zusammen	= 838,5	Kilogr.

daher pro lfd. Meter $= \frac{838,5}{6^m,132} = 137$ Kilogr.; oder pro □ Meter Dachfläche im Grundrisse gemessen:

$$\frac{838,5}{4^m,088 \cdot 6^m,132} = 33,4 \text{ Kilogr.}$$

Die fertige Eindeckung wog pro □ Meter schräg gemessener Dachfläche 11,44 Kilogr., und das Blech an und für sich 8,77 Kilogr.

Die Kosten der fertigen Eindeckung betrugen pro □ Meter schräg gemessener Dachfläche 11,1 Mark, wobei das Wellblech mit 40,6 Mark pro Ctr. (50 Kilogr.), die Haften

mit 49,7 Mark pro Ctr., das Löthzinn mit 2,14 Mark pro Kilogr. und der Arbeitslohn für das Eindecken mit 1,46 Mark pro □ Meter berechnet ist.

Die Kosten des Daches waren im Einzelnen an:

1.	Sandsteinconsolen	= 42,0	Mark
2.	gusseisernen Consolen	= 175,2	»
3.	Anbringung derselben	= 92,5	»
4.	gusseisernen Platten, welche zum Festhalten der Anker und Zugstangen dienen	= 174,9	»
5.	schmiedeeisernem Dachgerüst incl. Aufstellung	= 6052,4	»
6.	verzinktem Eisenblech	= 3559,8	»
7.	Haften	= 124,2	»
8.	Löthzinn	= 60,0	»
9.	Arbeitslohn des Eindeckens	= 563,2	»
10.	Rollenblei zum Dichten des Anschlusses unter dem Gurtgesimse	= 248,9	»
11.	Dachrinnen und Abfallrohre	= 295,6	»
12.	Zinkverzierung für die Dachrinne	= 257,0	»
13.	Anstrich	= 494,3	»
	Summa	= 1214,0	Mark.

Die ganze Dachfläche ist = 384 □ Meter, daher sind die Gesammtkosten pro □ Meter:

$$\frac{12140}{384} = 31,6 \text{ Mark};$$

oder excl. der Eindeckung sind die Kosten pro □ Meter = 31,6 — 14,1 = 20,5 Mark.

Für Material, Arbeitslohn und fertige Aufstellung des schmiedeeisernen Dachgerüstes wurden dem Fabrikanten contractlich pro Ctr. (50 Kilogr.) 31,8 Mark gezahlt.

Bei den anderen Pultdächern dieses Gebäudes, welche mit Zinkblech eingedeckt sind, wog die Zinkbedachung fertig gelegt pro □ Meter schräg gemessener Dachfläche 8,22 Kilogr. und kostete 5,86 Mark, wobei zu bemerken ist, dass unter günstigen Umständen der Ctr. Zinkblech zu 34,48 Mark eingekauft wurde, während der damalige Fabrikpreis 37,95 Mark betrug.

Schmiedeeiserne Pultdächer, wie sie in neuerer Zeit zur Bedachung der Perrons an der Seite der Bahnstationsgebäude öfter zur Ausführung gekommen sind, zeigen die Fig. 5 und 16 auf **Blatt 6** im Querschnitte. Die Perron-Halle Fig. 5 wurde im Jahre 1870 für den Bahnhof der Bergisch-Märkischen Eisenbahn zu **Vohwinkel** ausgeführt, und ist der Grundriss des Stations-Gebäudes und der Perron-Hallen in Fig. 6 dargestellt. Die Säulen, welche das Hallendach tragen, und deren Details Fig. 306 veranschaulicht, stehen in Entfernungen von 7,088 Meter von Mitte zu Mitte. Auf den Doppelconsolen dieser Säulen liegt ein gewalzter **I**-Träger von ca. 27 Centim. Höhe, mit dem die aus Gitterträgern bestehenden Binder vernietet sind. Die letzteren wurden so angeordnet, dass, nach dem Grundrisse Fig. 6 und nach der Vorder-Ansicht Fig. 3 nicht nur über den Säulen, sondern auch zwischen denselben noch ein Binder vorkommt.

Die Gurtungen der Binder bestehen aus 2 Winkeleisen von 46 bei 9 Millim., die von den äusseren Kanten gemessenen 44,4 Centim. Abstand haben und durch 5 Centim. breite diagonale Flacheisen mit einander verbunden sind; diese wurden an den Kreuzpunkten mit aufgenieteten Rosetten verziert.

Aus decorativen Gründen sind die gedrückten Verticalen der Binder aus Gusseisen construirt, was hier ohne Nachtheil für die Solidität der Construction unbedenklich geschehen konnte und was nach Fig. 8 sehr hübsch ausgeführt ist. An der Mauer stützen sich die Binder auf gusseiserne Consolen, wobei sie je durch 2 Steinschrauben an der Mauer festgehalten werden.

Die Dacheindeckung besteht aus Zinkwellblech Nr. 14; es ist aber, soweit das Stationsgebäude reicht, ein Streifen Glasfläche eingedeckt, wie aus dem Grundrisse Fig. 6 hervorgeht, damit die Räume im Stationsgebäude genügend beleuchtet werden. Auf dem oberen Theil der Binder liegen 4 Stück Längsfetten aus **C**-Eisen von 13 Centim. Höhe

und 4,5 Centim. Breite, im Gewichte von 11,25 Kilogr. pro lfd. Meter, wie solche von der **Burbacher-Hütte** bei Saarbrücken und von **Phönix** in Laar bei Ruhrort geliefert werden. Auf diesen Fetten ruhen wieder, nach Fig. 7 und 8, Sparren aus ⊔-Eisen von 4 Centim. Höhe und 7,5 Centim. Breite, die, von dem erstgenannten der obigen Werke geliefert, pro lfd. Meter 9 Kilogr. wiegen. Diese Sparren, wovon je ein Stück über den Bindern und je 3 Stück zwischen denselben angeordnet sind, dienen namentlich zur Eindeckung der Rohglastafeln, welche durch die um einen Bolzen drehbaren Haken *h* festgehalten und gegen Herabrutschen gesichert werden, wie aus Fig. 8 zu ersehen ist. Da die ca. 85 Centim. breiten Glastafeln in der Breite nicht dicht zusammenstossen, sondern Spielraum zwischen sich haben, so kann das Regenwasser in die ⊔-Eisen tropfen und in denselben hinabfliessen; diese Art der Glaseindeckung ist daher sehr einfach und zweckmässig. Um gehörigen Anschluss zwischen den Glastafeln und dem oberen Wellbleche zu erzielen, ist das letztere um die Dicke der Glastafeln höher gelegt und mittelst Haften auf, zwischen den Sparren genieteten Winkeleisen befestigt, in der Weise wie es Fig. 7 zeigt, wobei der dichte Anschluss an der Mauer passend durch Walzblei hergestellt wird.

Der untere Theil der Wellblecheindeckung liegt nach Fig. 5 auf 3 Fetten, wovon 2 aus ⊏-Eisen von 7,5 Centim. Höhe und 4 Centim. Breite bestehen, dasselbe Profil, welches zu den Sparren verwendet wurde, hier aber auf die hohe Kante gestellt ist. Die obere 3. Fette bildet ein Winkeleisen, was nach Fig. 8 an die höhere ⊏-Eisen-Fette angenietet ist. Am oberen Ende des Wellbleches wurde ein aufrecht stehendes Blech angelöthet, wodurch verhindert ist, dass das Regenwasser, welches von der Glasfläche abfliesst, vom Winde in das Innere der Halle getrieben werden kann.

Die Herstellung der Regenrinne veranschaulicht Fig. 9. Dieselbe besteht aus 2 Blechen und liegt die eigentliche mit Gefälle versehene Rinne aus Zinkblech, auf den Rinnenträgern, die in der Weise gebildet sind, dass die Verticalschenkel der Winkeleisen von der oberen Gurtung der Dachbinder weggehauen sind, während die schwachen Horizontalschenkel derselben entsprechend gebogen als Rinnenträger dienen. Zur Verdeckung der auf- und absteigenden Linien des Gefälles in der Rinne, ist eine äussere Bekleidung aus Zinkblech angewendet, die als steile Sima geformt mit einem aufgelötheten halbrunden Stabe verziert ist. Vorne sind beide Blechtheile über einer dünnen Rundeisenstange übereinander gebörtelt, wogegen am hinteren Theile beide Bleche über einander gebogen und mit Zinn zusammen gelöthet sind. Das Wellblech tritt ziemlich weit in die Rinne hinein, und damit das abfliessende Wasser vom Winde nicht über den inneren Rand der Rinne hinweggetrieben werden kann, ist hinter der untersten Fette ein Blech befestigt, was in die Rinne hineinhängt, um das Spritzwasser aufzufangen.

Die Eindeckung der Hallen mit Wellblech ist von dem Klempnermeister **Bellon** jun. in Köln ausgeführt, der für die fertige Deckung aus Zinkwellblech Nr. 14 pro □ Meter geneigter Dachfläche 5,6 Mark berechnet, natürlich excl. der Eisenconstructionen.

Wie Fig. 2, 4 und 5, **Blatt 6** zeigen, findet die Wasserableitung aus den Regenrinnen durch Abfallrohre statt, welche in die gusseisernen Säulen geleitet sind, von wo aus das Wasser durch unterirdische Leitungen weiter geführt wird. Jede zweite mit *a* bezeichnete Säule in dem Grundrisse der Hallen, Fig. 6, dient zur Wasserabführung, der höchste Punkt in den Rinnen liegt also immer über den Säulen die keine Bezeichnung haben, während die tiefsten Punkte derselben über den Säulen *a* liegen.

An dem vorstehend beschriebenen Pultdache schliessen sich die Satteldächer Fig. 2 und 4, **Blatt 6** zu beiden Seiten des Stationsgebäudes an, die ebenfalls mit Wellblech eingedeckt sind, und weiter unten erwähnt werden sollen.

Das Pultdach der Droschkenhalle auf dem Ostbahnhofe zu Berlin ist auf **Blatt 6**, Fig. 15 im theilweisen Längenschnitte und in Fig. 16 im Querschnitte dargestellt. Die Säulen stehen in Abständen von 7,53 Meter von Mitte zu Mitte; auf ihrem kreuzförmigen Abacus liegen sowohl die Binder, wie die mit ihnen vernieteten Längsträger, welche letzteren als einfache Gitterträger nach dem System *D* Fig. 165 construirt sind. Ausser

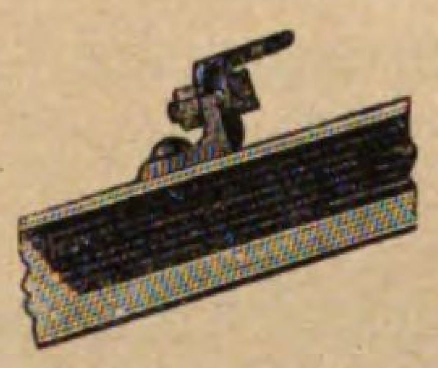
diesen Längsträgern ist in der Mitte zwischen Säule und Mauer noch ein Gitterträger mit den Bindern vernietet, während am Ende der Binder, an der Dachrinne ein **I**-Träger und oben an der Mauer ein Träger nach Fig. 147 befestigt ist.

Der untere Theil des Daches ist mit gewelltem Eisenblech eingedeckt, welches nur an beiden Enden von den Langträgern unterstützt wird. Dagegen besteht die Eindeckung der Halle zwischen dem Gebäude und den Säulen aus Rohglas auf Sprossen von ⊥-Eisen, die auf den obern 3 Langträgern ruhen. Die Sprossen sind so vertheilt, dass zwischen je 2 Binder 11 Stück vorkommen, die eine Entfernung von 62,75 Centim. haben.

Blatt 8, Fig. 8 bis 13, giebt noch ein Pultdach, welches für das Hauptgebäude der Villa **Krupp** bei Essen a/Ruhr von der Maschinenbau-Actien-Gesellschaft zu Köln a/Rhein ausgeführt wurde. Aus dem Grundrisse, Fig. 8, ist die Vertheilung der Binder des **Walmdaches** zu ersehen und sind die Normalbinder in Fig. 10, die Gratbinder *B* in Fig. 11 dargestellt. Die Stärke des Bleches, woran die verticalen Flacheisen und die diagonalen Winkeleisen befestigt sind, ist in den Figuren eingeschrieben, ebenso die Stückzahl und die Dimensionen der Winkel- und Flacheisen. Wenn keine anderen Bezeichnungen beigesetzt sind, so hat man die Querschnittsdimensionen in Millim. zu verstehen. Die Schichtbinder *C* Fig. 8 haben eine ähnliche Form wie der Normalbinder; sie sind an ihrem Ende mit gebogenen Blechplatten versehen, die sich oben und unten gegen die verticalen Winkeleisen des Gratbinders legen und die durch 4 Schrauben festgehalten werden. Der Mittelbinder *A*, Fig. 9, von dem Risalithe, nimmt die 4 Stück Grat- und Kehlbinder *D* Fig. 8 auf, und sind die Anfallspunkte *a* in Fig. 9 durch Schraffirung bezeichnet. Diese Binder *D* haben eine ähnliche Form wie der Normalbinder und sind ihre gebogenen Blechplatten ebenfalls durch je 4 Schrauben mit den Winkeleisen *a* des Mittelbinders verbunden.

Das Dach ist mit Zinkblech nach der belgischen Leistenmethode auf Schaalung eingedeckt, wobei die Sparren, welche die Schaalung tragen, mit Hakennägeln an den Fetten befestigt sind. Die Fetten bestehen nach Fig. 12, **Blatt 8** aus Winkeleisen, die mit einem Zugbande aus Flacheisen armirt wurden; ihre Befestigung auf den Bindern zeigt Fig. 369, die in der Weise bewirkt ist, dass je ein kurzes Winkeleisenstück mit 2 Nieten auf der oberen Gurtung der Binder aufgenietet ist, woran jedes Fettenende mittelst einer Schraube festgehalten wird. Diese Construction der Fetten ist für grosse Binderweiten besonders desshalb empfehlenswerth, weil sie sehr leicht auszuführen ist; doch muss für zweckmässige Aussteifung der oberen Winkeleisen gesorgt werden, damit sie bei der Belastung nicht seitlich ausweichen und einknicken können. Bei Anwendung von hölzernen Sparren dienen diese als vollständige Aussteifung, wenn sie auf allen Fetten befestigt sind; ebenso Wellblech, was aber so zu befestigen ist, dass die Fette nach keiner der beiden Seiten ausweichen kann.

Fig. 369.



Auf den äusseren Mauern liegen sämmtliche Binder auf gusseisernen Platten, in den inneren Mauern aber in gusseisernen Kasten. Fig. 13 giebt den Horizontalschnitt eines solchen Eckkastens, der je einen Gratbinder und die beiden anstossenden Normalbinder aufnimmt.

Die Fetten und Sparren geben dem Dache eine mehr als genügende Steifigkeit, daher sind diagonale Zugbänder, welche die Verschiebung der Binder durch Winddruck verhindern sollen, nicht angebracht, obgleich solch ein grossen Massen von der Fabrik geliefert waren.

Vergleicht man die Binder dieses Daches mit den in Fig. 12, **Blatt 5** dargestellten, so ist leicht einleuchtend, dass die letztere Binderconstruction vorzuziehen ist, da hier die Streben viel kürzer ausfallen und daher erheblich weniger Material erfordern, als bei der Binderconstruction auf **Blatt 8**.

Die Kosten des Daches waren wegen der eigenthümlichen Verhältnisse und Lage des Baues ausserordenlich hoch und bieten kein allgemeines Interesse; erwähnt mag werden, dass das fertig montirte Dachgerüst (Schmiedeeisen und Gusseisen) mit einmaligem Mennige-Anstrich versehen pro Ctr. (50 Kilogr.) mit 22,6 Mark bezahlt wurde; doch sind die

Transportkosten von dem Essener Bahnhofe bis zur Baustelle von dem Bauherrn getragen, ebenso wurden von dieser Seite die Arbeitskräfte, die Gerüste und Vorrichtungen zum Heben der Eisentheile gestellt.

Wenn dem Lieferanten die Eisenconstructionen nach dem Gewichte bezahlt werden, und das Gewicht der einzelnen Constructionstheile von Seiten des Bauherrn nicht streng vorgeschrieben ist, so liegt es natürlich im Interesse des Lieferanten, die Constructionstheile möglichst schwer auszuführen, damit ein recht grosses Gewicht erzielt wird; namentlich findet man in solchen Fällen, wo Schmiedeeisen und Gusseisen zu gleichen Durchschnittspreisen geliefert wird, die Constructionstheile aus dem wesentlich billigeren Gusseisen ausserordentlich colossal ausgeführt. Der bauleitende Architekt wird daher im Interesse des Bauherrn handeln, wenn er die Spannungen in den Eisenconstructionen berechnet, die Dimensionen und das genaue Gewicht der Constructionstheile bestimmt und dem Lieferanten nicht gestattet, dass er das Mindergewicht eines Constructionstheils durch das Mehrgewicht des andern ausgleicht. Man bezahlt dem Lieferanten die Arbeiten meistens fertig aufgestellt unter ein- oder mehrjähriger Garantie der Haltbarkeit und mit einmaligem Anstriche versehen nach dem Gewichte, wobei das Gusseisen von dem Schmiedeeisen getrennt und beide Materialien zu verschiedenen Preisen berechnet werden. Da nun das genaue vorgeschriebene Gewicht der Construction bei der Ausführung schwer einzuhalten ist, so gestattet man ein Mehr- oder Mindergewicht von 3 bis 5%; das Mehrgewicht wird dem Lieferanten **nicht** bezahlt, das Mindergewicht aber wird in Abzug gebracht. Nur auf diese Weise ist es möglich, Uebervortheilungen von Seiten der Lieferanten vorzubeugen.

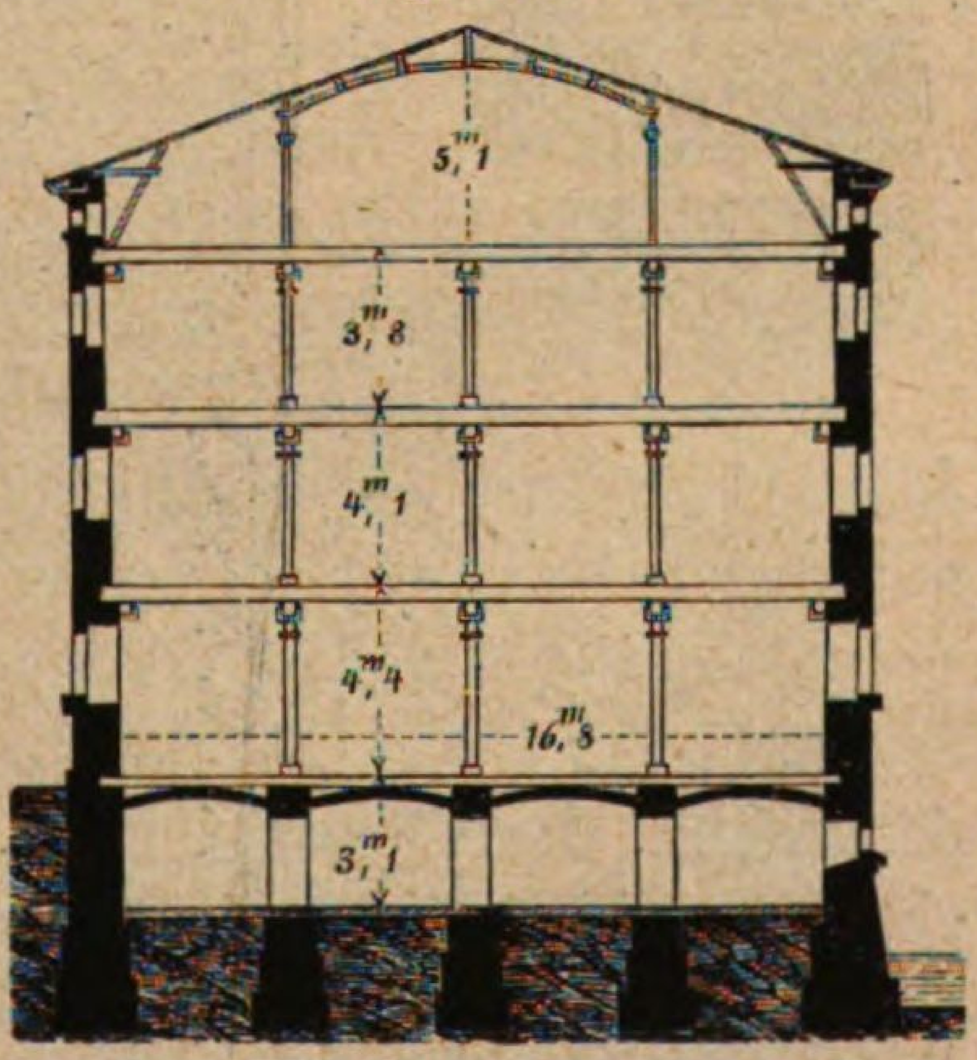
§. 73. Construction der Satteldächer aus Eisen.

In Deutschland war, soviel dem Verfasser bekannt ist, die im Jahre 1828 von dem bekannten Archit. **Moller** construirte schmiedeeiserne Kuppel über dem östlichen Chore des Domes zu **Mainz** die erste nennenswerthe Eisenconstruction, welche im Hochbau angewendet wurde. Auch in anderen Ländern ist das Eisen vor dieser Zeit zu grösseren Hochbauconstructionen **nicht** benutzt worden; da man zur Verarbeitung desselben, zu diesem Zwecke, noch nicht die nöthigen technischen Kenntnisse und Vorrichtungen besass.

Das erste aus Schmiedeeisen construirte Satteldach in Preussen, wurde im Jahre 1835 für die Schickler'sche Zuckersiederei zu Berlin von dem jetzigen Geh. Ober-Hofbaurath **Hesse** ausgeführt, der auf einer Studienreise in England, den Eisenconstructionen seine besondere Aufmerksamkeit gewidmet hatte.

Der Durchschnitt des Schickler'schen Magazins*) ist in Fig. 370 dargestellt. Die Balkenlagen aller Etagen ruhen auf 5 Stützen, indem die Tiefe des Gebäudes durch 3 Säulenreihen in 4 gleichweite Fächer getheilt ist. Auf den separatgegossenen Trägerplatten der Säulen liegen hölzerne Langträger, die an den Stellen unter den Säulen mit den Balken zugleich rechteckig durchlocht sind, durch welche Oeffnung der rechteckige 11,5 Centim. breite und 7,9 Centim. dicke Fuss der oberen Säule bis auf die Trägerplatte herabreicht. Jede der untersten Säulen hat bei 18,3 Centim. Durchmesser und 1,3 Centim. Wandstärke ca. 3200 Ctr. Belastung zu tragen; der Sohlplatte des Sockels ist daher eine Grundfläche von ca. 0,4 □ Meter gegeben. Die Säulen im 2. Geschosse haben 15,7 Centim., im 3. Geschosse 13 Centim. Durchmesser, bei 1,3 Centim. Wandstärke erhalten. Die Entfernung der Säulen von Mitte zu Mitte, in der Längenrichtung des Gebäudes, beträgt 4,2 Meter. Eine Säule des 1. Gesch. wiegt 259,5 Kilogr.; des

Fig. 370.



*) Mitgetheilt in **Förster's** Bauzeitung 1842.

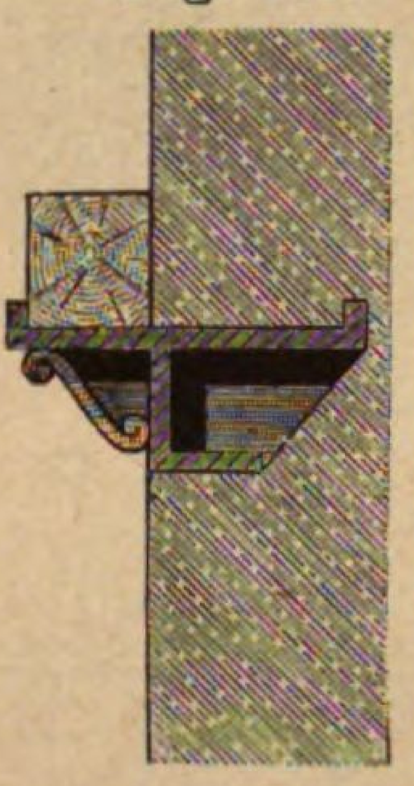
2. Gesch. 193 Kilogr.; des 3. Gesch. 129 Kilogr. und eine Dachsäule 180 Kilogr. Als Belastung jeder Etage sind 400 bis 480 Kilogr. angenommen.

Die Bindersparren und gebogenen Kreisstücke des Daches haben 6,5 Centim. Höhe und 1 Centim. Stärke, die Leersparren 5,2 Centim. Höhe bei 2 Centim. Stärke und die Latten 2 Centim. Höhe und 0,5 Centim. Stärke erhalten. Das Dachgespärre wiegt excl. der gusseisernen Säulen pro □ Meter Dachfläche nur ca. 12 Kilogr.

Die Eindeckung besteht aus Eisenblech und haben die Blechtafeln 2,75 Meter Länge und 0,418 Meter Breite. Das fertig eingedeckte Dach incl. Gespärre kostete pro □ Meter Dachfläche 15,23 Mark.

Beachtenswerth ist noch bei diesem Speicher die Auflagerung der Mauerschwellen auf gusseisernen Consolen, wodurch einerseits die Schwelle frei zu liegen kommt, und daher mehr gegen Fäulniss geschützt ist, andererseits aber wird die Mauer nicht durch die Schwelle verschwächt.

Fig. 371.

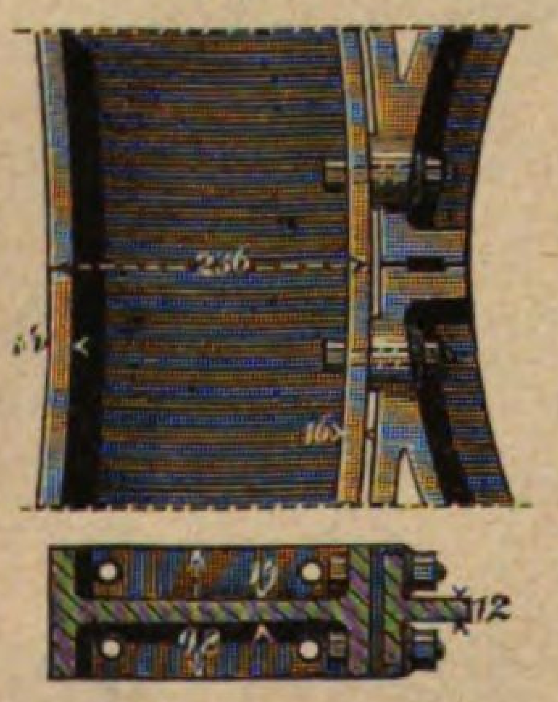


Die Ausführung des obigen Bauwerkes wurde s. Z. von der Polizeibehörde beanstandet, da die geringen Dimensionen der Eisenconstruction im Vergleich zu Holz bei der Behörde das Gefühl der Unsicherheit hervorrief, doch wusste der Architekt die unbedingte Solidität seines Bauwerkes überzeugend nachzuweisen, die sich auch bis jetzt vortrefflich bewährt hat.

In der Zeit, als die Eisenindustrie, besonders die Walzkunst, noch weniger ausgebildet war, verwendete man häufig das Gusseisen zu Dachconstructionen, da die Technik der Eisengiesserei sich früher entwickelt hatte. Das Gusseisen eignet sich aber, wegen seiner geringen Elasticität, nicht gut zu solchen Constructionen, die auf Biegung beansprucht werden; vortrefflich dagegen zu den Constructionstheilen, die nur Druck zu erleiden haben. Von den aus Gusseisen ausgeführten Dachbindern mag hier nur das Satteldach erwähnt werden, welches **Karl Etzel** über die im Jahre 1842 erbaute Winterschwimmschule des **Dianabades***) zu Wien construirt hat; diese Halle dient gegenwärtig im Winter als Ball- und Concertsaal.

Die gewölbartigen Binder haben eine Halbkreisform von 16,4 Meter lichter Spannweite und sind in 3,3 Meter Abstand von Mitte zu Mitte aufgestellt. Die eigentliche halbkreisförmige Tragrippe hat einen H-förmigen Querschnitt und ist aus 15 mit Flantschen versehenen Theilen zusammengeschraubt, wobei die drei Zwickel des Sattels mit kreisförmigem Rippenwerk ausgefüllt sind. Die Bogenrippe, sowie einen Theil des Rippenwerkes der Zwickel zeigt Fig. 372 im Querschnitte und in der Ansicht. Das Dach hat eine Neigung von 30° und es liegen ausser der Firstfette an jeder Dachseite 5 Fetten aus Holz auf dem Rippenwerke der Binder, wobei an jeder Seite zwischen den beiden mittleren Fetten ein Oberlicht angebracht ist. Da das Dach auch zugleich die Decke des Saales bildet, so sind die hölzernen Sparren, wovon zwischen 2 Binder je 2 Stück angeordnet sind, unterhalb und oberhalb mit Brettern verschaalt.

Fig. 372.



Blatt 5, Fig. 1 giebt den Binder eines Daches, welches im Jahre Jahre 1866 nach den Angaben des Herrn Baurath **Scheffler** und Bauconducteur **Leiste**, unter der Leitung des Verfassers, in der Maschinenfabrik von **Fr. Seele & Comp.** zu Braunschweig für das dortige Herzogl. Schloss ausgeführt ist. Das schöne Gebäude, dessen Grundriss Fig. 2 andeutet, wurde in den Jahren 1830—36 von dem hervorragenden Archit. **Karl Theod. Ottmer** (gest. 1843) erbaut. Im Jahre 1864 brannte, als gerade eine Festlichkeit im Schlosse stattfand, der linke Flügel und der Mittelbau fast vollständig ab. Bei dem Wiederaufbau beschloss man, die sämmtlichen Balkenlagen, sowie das Dachgerüst, feuersicher aus Eisen zu construiren, damit eine ähnliche Katastrophe sich in Zukunft nicht wiederholen konnte.

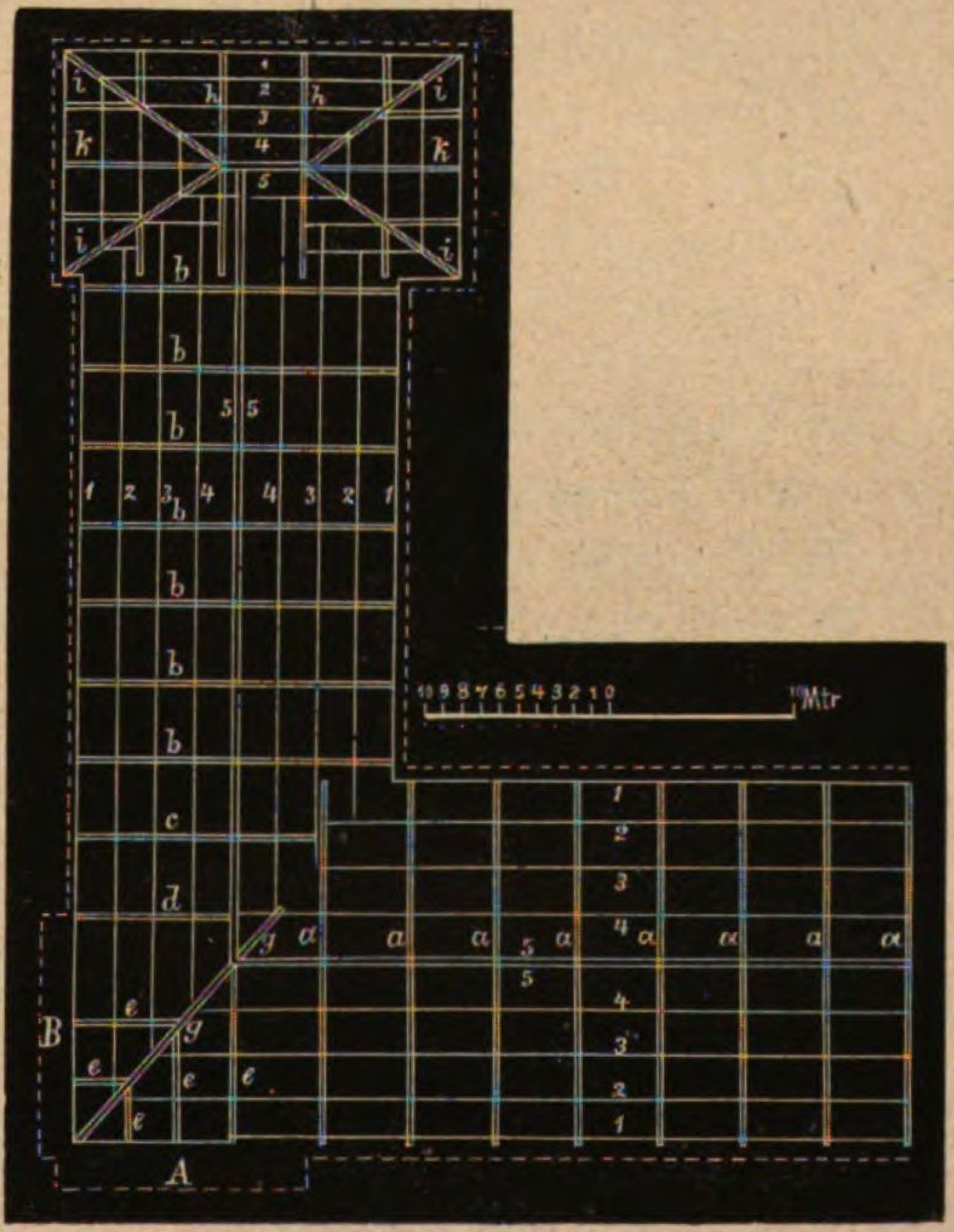
*) Mitgetheilt in **Förster's** Bauzeitung 1843.

Bei der Construction des Dachwerkes kam es darauf an, den Dachboden für Haushaltungszwecke nutzbar zu machen, es mussten also die Binder so construirt werden, dass die Passage im Bodenraum durch Zugstangen nicht beschränkt wurde, wesshalb von einem freitragenden Dache abgesehen ist; da ohnehin für die Decke eine Balkenlage erforderlich war, so konnten einzelne Balken als Binderbalken benutzt und dem entsprechend stärker construirt werden.

Die Binder bestehen in der oberen Gurtung *b* aus dem in Fig. 3 dargestellten gewalzten **I**-Eisen, die in 2 Längen, im First mit doppelten Deckblechen verschraubt, unten aber gebogen und durch angenietete Winkellaschen auf den Kastenträger *a* aufgeschraubt sind. Der letztere ist aus Blechplatten und Winkeleisen zusammengenietet, wobei die beiden schwachen Verticalwände, nach Fig. 154 durch Stehbolzen zusammengehalten werden. Die Fetten, worauf die hölzernen Sparren mittelst Schrauben mit hakenförmigen Köpfen befestigt sind, bestehen aus gewalztem **I**-Eisen, dessen Dimensionen Fig. 4 eingeschrieben enthält. Zur Unterstützung der unteren Fette ist auf den gekrümmten Theil der oberen Bindergurtung ein Rücken aus Blech und Winkeleisen aufgenietet, der nicht unerhebliche Arbeit verursachte und der daher besser durch einen gusseisernen Lagerstuhl, der die Fette aufnimmt und auf dem gekrümmten Theil der Bindergurtung aufgeschraubt ist, ersetzt worden wäre.

Die gusseisernen Streben *c* und *d* übertragen die Belastung der oberen Bindergurtung auf den unteren Kastenträger und sind dieselben oben und unten in gusseisernen Schuhen mittelst Drehbolzen befestigt. Diese Streben sind ausserordentlich schwer ausgeführt; da deren Gewicht von Seiten der Bauverwaltung nicht vorgeschrieben war, so benutzte der Lieferant diesen Umstand, um durch grosse Massen einen recht hohen Preis zu erzielen, denn die Herstellungskosten differiren nur unerheblich, ob die Gussstücke schwerer oder leichter sind. Der kreuzförmige Querschnitt hat in der Strebenmitte 21 Centim. Durchmesser, bei einer Rippenstärke von 5,2 Centim.; der obere und untere Durchmesser der vollen Strebe beträgt 10,5 Centim., die Drehbolzen haben 4,8 Centim., die Befestigungsohren 13 Centim. Durchmesser, bei 5,8 Centim. Dicke des Strebenohres.

Fig. 373.



Die **I**-Eisen zu den Bindern wurden fertig gebogen und die zu den Fetten auf genaue Längen abgeschnitten von der Actien-Gesellschaft **Phönix** in Laar bei Ruhrort geliefert. Die Fetten reichen über einen Binder hinweg, sie sind also auf jeden 2. Binder gestossen; das Dach hat durch diese Anordnung eine so grosse Steifigkeit erhalten, dass eine diagonale Windverstrebung nicht erforderlich wurde.

Die lichte Spannweite des Binders beträgt 19 Meter; ihre Entfernung von Mitte zu Mitte ist in der Hauptfronte 4,5 Meter, in der Seitenfronte 4,15 Meter.

Der Grundriss des Daches ist in Fig. 373 dargestellt. Die 8 Binder *a* der Hauptfront sind nach Fig. 1, **Blatt 5** construirt, während die 7 Binder *b* des Flügels nur eine verticale Mittelstrebe und 2 geneigte Seitenstreben erhalten haben. Binder *c* und *d* sind unvollständig aber nach demselben System ausgeführt und zwar sind bei *c* die 3 Streben, bei *d* aber nur 2 solche angebracht. Die 5 Stück unten ebenfalls gebogenen Schiftbinder *e* legen sich mit Winkellaschen gegen den Gratsparren *g*, der als Blechträger construirt und unten ähnlich gebogen ist, wie die übrigen Bindergurtungen: er steht auf einem breiten Zug-

bande und ist mit diesem durch Winkellaschen vernietet. Am anderen Ende des Zugbandes ist der Schuh einer Strebe aufgeschraubt, die den Gratsparren im First unterstützt. Gegen die beiden von 3 Streben unterstützten Binder *h* legen sich die Gratsparren *i* sowie die Walmsparren *k* aus Walzeisen construirt, nach dem Profil Fig. 3, **Blatt 5**, die nicht weiter unterstützt sind. Diese Sparren sind unten ebenfalls gebogen und mit einem aufgenieteten Blechrücken versehen. Dabei stehen sie auf einer Blechplatte die in der Mauer mit eingemauert ist. An jedem der Gratsparren *i* sind noch mittelst Winkellaschen 2 Stück Schiftsparren befestigt, die aus demselben Walzeisen bestehen.

Wie die Fetten, die von unten nach oben mit 1 bis 5 bezeichnet sind, in den Dachkehlen aneinander stossen, ist ohne Weiteres aus Fig. 373 zu ersehen. Die beiden Risalithe *A* und *B* wurden in der Weise überdeckt, dass das Dach hier etwas geringere Neigung erhielt, jedoch nur in dem unteren Theile.

Das Gewicht der Binderbalken von der Hauptfront beträgt pro lfd. Meter 104 Kilogr.; die I-Eisen, woraus die obere Gurtung der Binder besteht, wiegen pro lfd. Meter 35 Kilogr. und die Fetten pro lfd. Meter 24 Kilogramm.

Der Lieferant erhielt für das fertig montirte Dach, excl. Sparren und Eindeckung, pro Ctr. Blechträger 21,6 Mark, pro Ctr. Walzeisen und für sonstige Schmiede- und Blecharbeit 23,1 Mark und pro Ctr. Gusseisen, incl. der Modellkosten 12 Mark, wobei aber die Arbeitskräfte, die Gerüste und Windevorrichtungen zum Heben der Constructionstheile von der Schlossbauverwaltung gestellt sind.

Das Doppeldach aus englischem Schiefer ist auf Latten von 4 Centim. Höhe und 6,5 Centim. Breite genagelt, wobei die Sparren eine mittlere Entfernung von 90 Centim. haben. Für die fertige Deckung incl. Lattung erhielt der Unternehmer pro □ Meter Dachfläche 4,54 Mark.

Der auf **Blatt 5**, Fig. 13 bis 27, dargestellte Binder ist für das eiserne Dach über den pariser Magazinen des Walzwerkes »de la Providence« nach dem bereits S. 166 erwähnten Polonceau'schen System von dem Archit. Herrn **L. Marquet** entworfen und von Herrn **Kaulek** ausgeführt*).

Ein vollständiger Binder über den 28,6 Meter tiefen Raum besteht aus:

1.	2 Hauptstreben Fig. 23 von zusammen 30,2 Meter Länge	= 794 Kilogr.
2.	5 Zugstangen aus Rundeisen von 4 Centim. Durchm., 40,2 Meter Länge .	= 400 »
3.	2 Streben aus Gusseisen, Fig. 14 und 15	= 140 »
4.	2 gusseisernen Schuhen, Fig. 16 und 17	= 130 »
5.	16 Drehbolzen von 4 Centim. Durchm. mit Kopf und Mutter . . .	= 36 »
6.	8 flachen schmiedeeisernen Bügeln 7,5 × 1,5 Centim., 78 Centim. lang	= 56 »
7.	2 Verbindungsplatten, am Zusammenstoss der beiden Hauptstreben im First von 45 Centim. Länge, 20 Centim. Breite und 1,4 Centim. Stärke .	= 40 » (7. und 8. zusammen)
8.	Platten zur Verbindung der Zugbänder und Streben, von 40 Centim. Länge, 24 Centim. Breite und 1,4 Centim. Stärke	
9.	4 Platten zur Verbindung der gusseisernen Streben mit den Hauptstreben, von 1 Meter Länge, 18 Centim. Breite und 1,1 Centim. Stärke .	= 80 » (9. und 10. zusammen)
10.	20 Bolzen von 1,5 Centim. Durchmesser zur Befestigung dieser Platten .	
	Gesammtgewicht eines Binders	= 1676 Kilogr.

Die Binder sind durch Fetten *a* und *b* mit einander verbunden. Den Querschnitt der Firstfette zeigt Fig 24, den Querschnitt der übrigen Fetten Fig. 25. Mit den Haupt-

*) Mitgetheilt in **Förster's** Bauzeitung 1854. S. 184.

streben der Binder sind die 5,25 Meter langen Fetten durch Winkellaschen und Schraubenbolzen zusammengeschraubt. Auf den Fetten liegen zwischen je 2 Binder 16 Stück Sparren à 15,6 Meter lang, aus ⊥-Eisen von 5 Centim. Höhe bestehend, in mehreren Theilen angefertigt. Das Gewicht der Eisentheile zwischen 2 Bindern ist:

1.	1 Firstfette von 16 Centim. Höhe und 5,25 Meter Länge	} =1354	Kilogr.
2.	16 Fetten von 14 Centim. Höhe und 5,25 Meter Länge		
3.	Schraubenbolzen zur Verbindung der Fetten mit den Hauptstreben .	= 29	»
4.	16 Sparren à 15,6 Meter lang und 5 Centim. hoch	=1129	»
	Summa	=2512	Kilogr.

Das ganze Dach besteht aus 7 Gebinden **mit** Oberlicht und aus 3 Gebinden **ohne** Oberlicht. Die Eisentheile zwischen den Bindern mit Oberlicht bestehen aus:

1.	12 Fetten *b*, Fig. 13, Profil-Fig. 25 von 5,25 Meter Länge . . .	} =1419	Kilogr.
2.	5 » *a*, » » » 24 » » » » . . .		
3.	16 Sparren à 11,85 Meter lang in mehreren Theilen	= 863	»
4.	15 gusseiserne Säulchen, Fig. 18—22.	= 153	»
5.	5 T-Eisen, Fig. 27, à 5,25 Meter lang in den Säulchen befestigt zur Unterstützung der Glassprossen	= 110	»
6.	24 eiserne Glassprossen à 4,16 Meter lang	= 378	»
7.	4 Stangen von Rundeisen 1,6 Centim. Durchmesser, à 5,25 Meter lang, zum Tragen der Leitern	} = 60	»
8.	1 Firstfette aus Winkeleisen à 5,25 Meter lang		
	Summa	=2983	Kilogr.

Die Eisenblecheindeckung der 3 Gebinde ohne Oberlicht wiegt à 2152 Kilogr., zusammen	6456	Kilogr.
der 7 Gebinde mit Oberlicht, à 1639, zusammen	11473	»
Die Verglasung der 7 verglasten Oberlichte à 50 □ Meter Fläche oder zusammen 350 □ Meter Glas wiegt	2310	»
Das durchschnittliche Gewicht des ganzen Daches stellt sich pro □ Meter Dachfläche .	= 40,5	»
oder pro □ Meter der Grundfläche	= 42,8	»

Der Durchschnittspreis des fertig gedeckten Daches betrug im Ganzen:

pro □ Meter Dachfläche	= 20,65	Mark
oder pro □ Meter der horizontalen Fläche	= 21,81	»

Für das Dach des Mittelschiffes der 800 Meter langen Maschinenhalle auf der **Wiener** Weltausstellung ist ein ähnlich construirter Polonceau'scher Binder angewendet. Bei einer Dachneigung von ca. 23 Grad, haben die Binder eine lichte Spannweite von ca. 29 Meter, dieselben sind in 7,143 Meter Entfernung von Mitte zu Mitte aufgestellt. Die Binderstrebe ist ca. 30 Centim. hoch und ist dieselbe auf der Mittelstütze und im First gestossen. Ein completter Binder mit den gusseisernen Strebenschuhen wiegt 3600 Kilogramm.

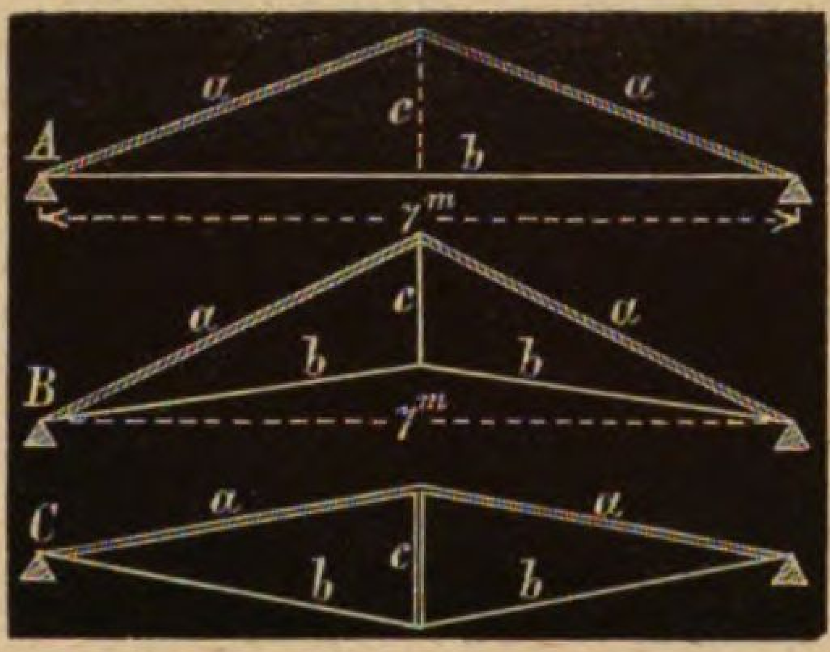
Zur Aussteifung der gedrückten Gurtung der Binder dienen die Fetten, welche die Dachbedeckung tragen, die in solchen Entfernungen von einander angebracht werden, wie es das Eindeckungsmaterial erfordert. Wird das Dach mit Zinkblech eingedeckt, so legt man die Fetten in ca. 90 Centim., wenn mit Eisenblech, in ca. 1,8 bis 1,9 Meter Entfernung. Die aus Winkeleisen bestehenden Fetten befestigt man gewöhnlich nach Fig. 369 auf den Bindern.

Für den entsprechendsten Abstand der Binder ist die Stärke der Fetten massgebend; damit diese die gedrückte Gurtung der Binder noch wirksam aussteifen können, dürfen dieselben nicht zu lang werden; wenn es daher die localen Verhältnisse gestatten, wird man die Binder zweckmässig in höchstens 3 Meter Entfernung von Mitte zu Mitte auf-

stellen. Bei grösseren Abständen müssen auch die Fetten mehr Steifigkeit erhalten und man verwendet dann zu denselben die **I**- oder **⊏**-förmigen Walzeisen. In welchem Falle man diese oder jene Façoneisensorte ökonomisch zweckmässiger in Anwendung bringt, wird man durch Rechnung zu untersuchen haben.

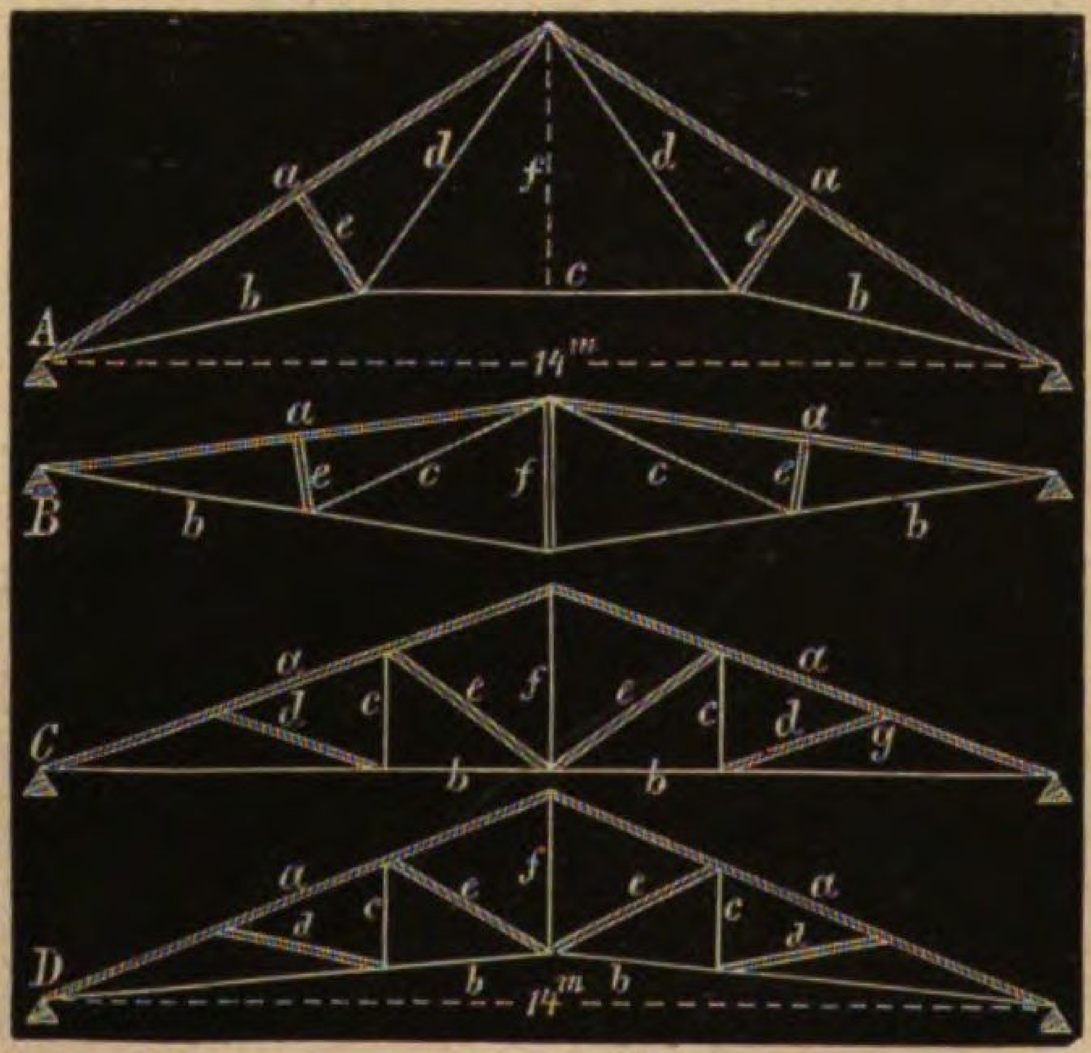
In den folgenden Skizzen sind die Binderconstructionen in Linien angegeben, wie sie sich für die verschiedenen Spannweiten am besten eignen. Für die lichte Spannweite bis zu 7 Meter sind die Constructionen Fig. 374 ausreichend. Bei dem Binder *A* werden die Fussenden der Streben *a* von der horizontalen Zugstange *b* zusammengehalten und dient die verticale Hängestange *c* nur dazu, das Gewicht der Zugstange *b* zu tragen, damit dieselbe nicht durchhängt; man giebt ihr in der Regel nur einen Durchmesser von 1,5 Centimeter. Ist aber die Zugstange nicht horizontal, sondern aufsteigend geneigt wie bei dem Binder *B* angeordnet, so übt sie auf die Hängestange *c* eine Zugkraft aus, in diesem Falle ist also ihre Inanspruchnahme besonders zu berechnen. Binder für Dächer mit sehr geringer Neigung, wie solche für Holzcementbedachung erforderlich werden, erhalten nach abwärts geneigte Zugstangen, wie bei dem Binder *C* angedeutet ist. Hier hat die verticale Stange *c* eine Druckspannung aufzunehmen, deren Grösse von dem Neigungswinkel der Zugstange abhängt. Alle Stangen, welche Druckspannung erleiden, sind in Fig. 374 und in den folgenden Fig. mit Doppellinien bezeichnet.

Fig. 374.



Grosse Spannweiten erfordern Unterstützung der Binderstreben. Bis zu einer Spannweite von 14 Metern genügt meistens **eine** Stütze für jede Hauptstrebe wie bei dem Binder *A* Fig. 375. Jede Hälfte dieses einfachen **Polonceau**'schen Binders ist ein armirter Träger, indem die Zugstangen *b* und *d* die Stütze *e* gegen die Hauptstrebe *a* drücken, wodurch diese gegen die Einbiegung nach unten wesentlich ausgesteift wird. Die beiden Binderhälften sind im Firste vereinigt und damit die Fussenden der Hauptstreben nicht ausweichen können, sind beide Hälften des Binders durch die Zugstange *c* zusammengehalten. Die Stangen *b*, *c* und *d* werden am wenigsten in Anspruch genommen, wenn die Zugstangen *b* und *c* zusammen eine horizontale Linie bilden; da aber für diesen Fall die Stützen *e* ihre grösste Länge erreichen, so wird es weniger Material erfordern, wenn man die Stützen *e* kürzer hält und die Zugstangen stärker beansprucht. Die Hängestange *f* hat in der Construction *A* nur die Function das Gewicht der Zugstange *c* zu tragen und kann dieselbe in den meisten Fällen weggelassen werden.

Fig. 375.

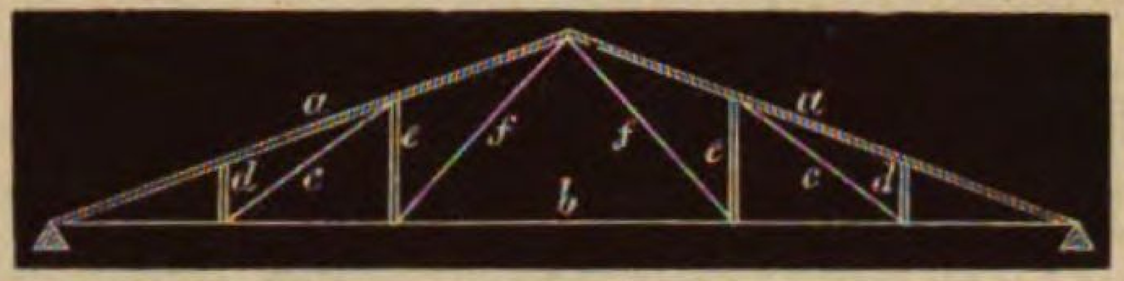


Soll das Dach nur ganz geringe Neigung erhalten, so würde dem vorhergehenden Binder die Form *B* Fig. 375 zu geben sein. Hierbei ruhen die Enden der Binderstreben *a* im First auf der Stütze *f*, die von den Zugstangen *b* getragen wird. Dieses Hauptsystem des armirten Trägers hat durch die Zugstangen *c* und die Stützen *e* ein Nebensystem erhalten, in das man nach Bedürfniss wieder andere Nebensysteme einschalten kann.

Die Hauptstreben *a* des Binders *C*, Fig. 375, werden durch geneigte Streben *d* und *e* unterstützt, welche auf der Zugstange *b* befestigt und ausserdem noch von den verticalen Hängestangen *c* und *f* unterstützt sind. Dieses **englische Dreiecksystem** ist bei vielen Dachconstructionen in England und später auch in anderen Ländern zur Anwendung gekommen. Wenn die Zugstangen *b* etwas aufsteigend geneigt sind, wie bei dem Binder *D*, so werden sie zwar etwas stärker beansprucht, dafür werden aber auch die geneigten Streben *d* und *e* kürzer und können somit schwächer ausgeführt werden.

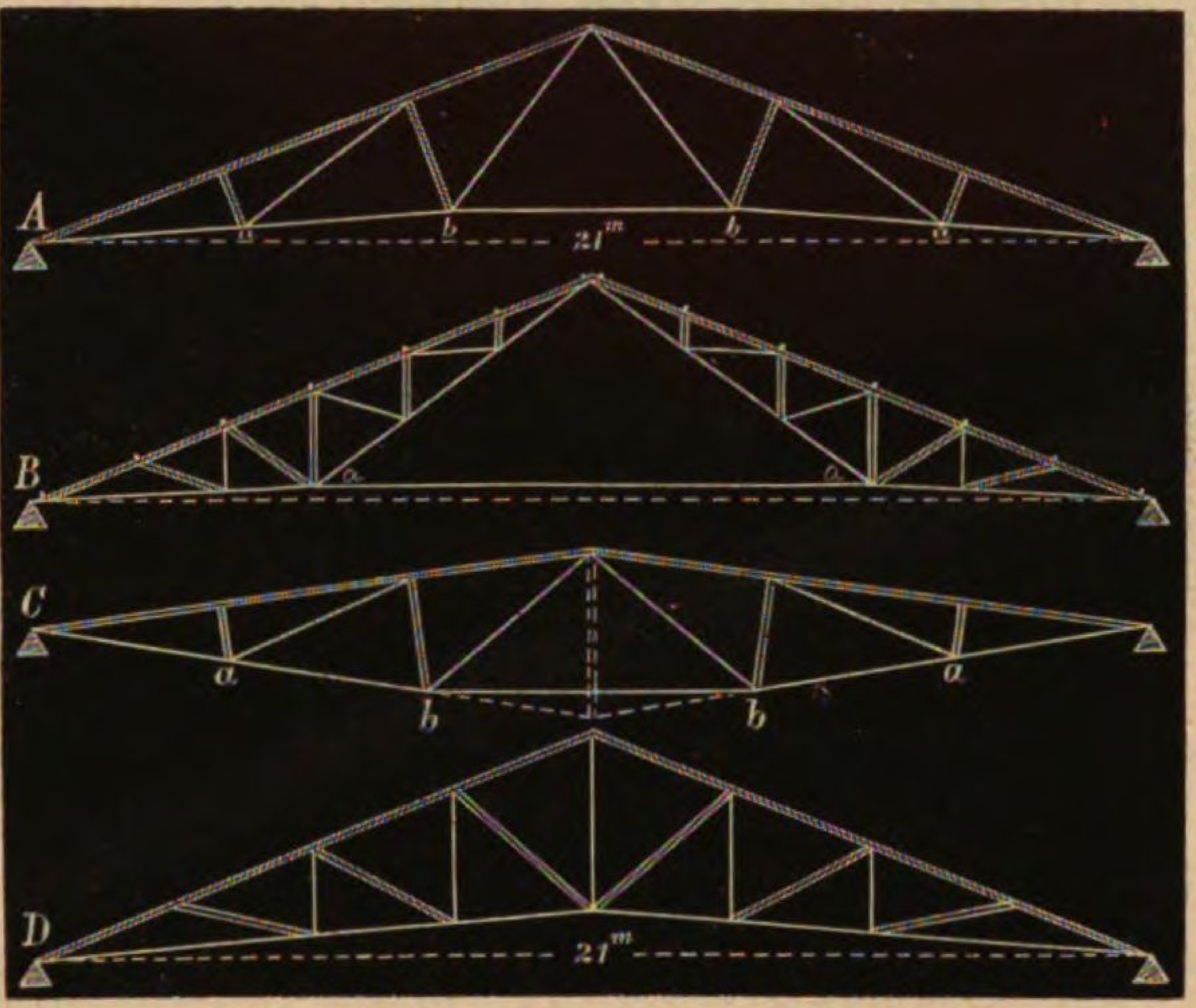
Man kann die Streben auch, anstatt geneigt, vertical stellen, wie es bei dem Binder Fig. 376 angedeutet ist; dann müssen natürlich die Zugstangen *c* und *f* geneigt sein. Um kürzere Streben *d* und *e* zu erhalten, kann die Zugstange *b* in einer ähnlicheu Linie aufsteigen, wie bei dem Binder *A* Fig. 375.

Fig. 376.



Für Spannweiten bis zu 21 Meter sind die in Fig. 377 dargestellten Binderconstructionen passend. Der Binder *A* ist eine Abänderung des Polonceau'schen Systemes mit einem Nebensystem. Von dem Punkte, wo die Stütze des Hauptknotenpunktes *b* mit der Binderstrebe verbunden ist, geht eine Zugstange nach dem Knotenpunkte *a*, der als Stützpunkt für die zweite Stütze dient. Bei geringer Neigung der Dachflächen würde diese Binderform wieder so abzuändern sein, wie dies der Binder *C* in Fig. 377 andeutet, und zwar wird man für sehr geringe Neigung der Hauptstreben, die Hauptzugstange in der punktirten Weise anordnen, damit eine Mittelstütze angebracht werden kann, weil die Binderstreben im Firste, wo die Zugstangen des Knotenpunktes *b* angreifen, sonst ausserordentlich stark auf Biegung beansprucht werden.

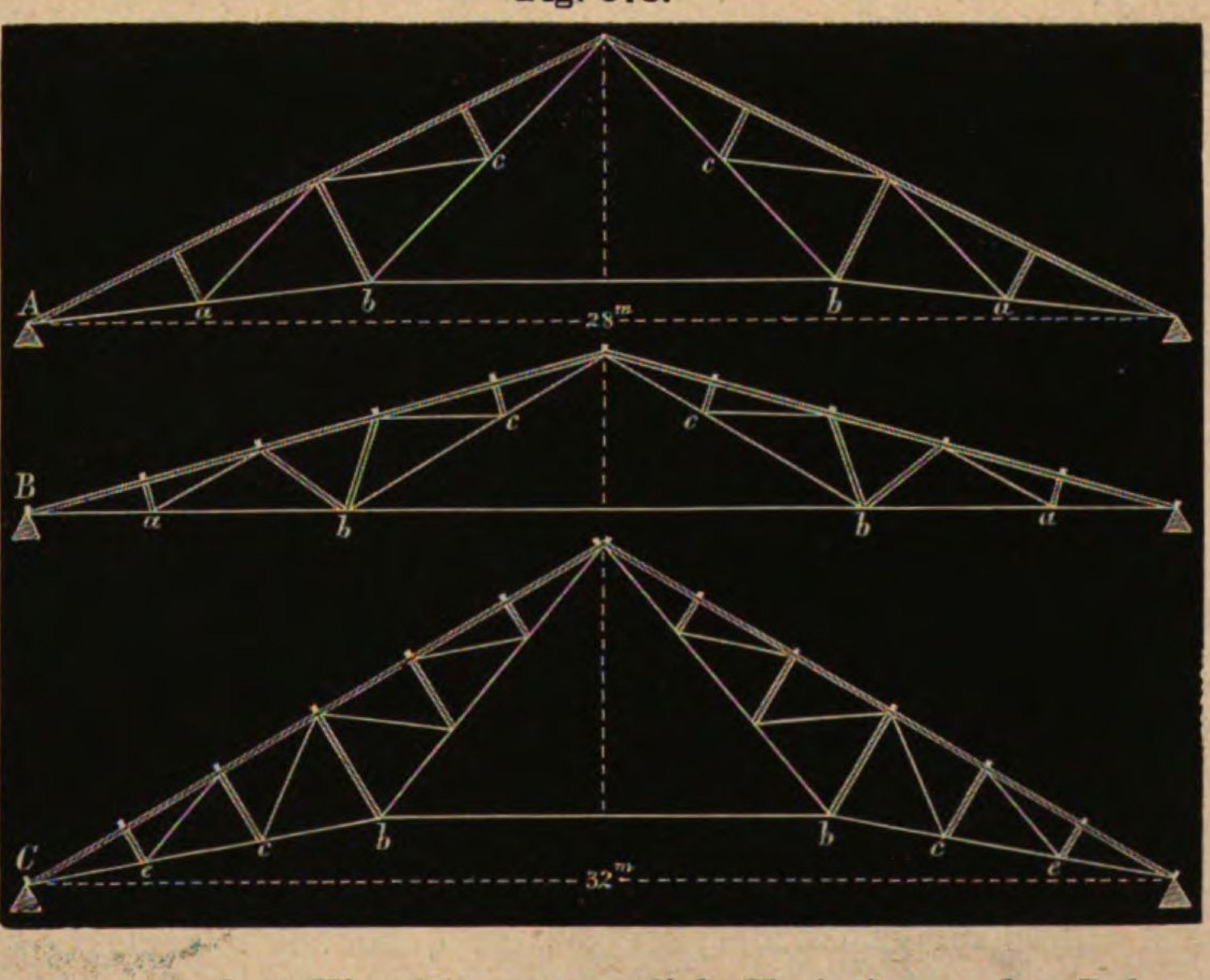
Fig. 377.



Die Binderform *B* Fig. 377 ist das Schema, des auf **Blatt 7**, Fig. 7 ausführlich dargestellten Binders. Von dem Knotenpunkte *a* aus, gehen 2 Streben, eine verticale und eine geneigte, gegen die Hauptstreben, und ist dieses System daher eine Combinirung der Strebenanordnung aus den Bindern *D* Fig. 375 und Fig. 376.

Der Binder *D* Fig. 377 zeigt wieder das **englische Strebensystem** wie bei *C* und *D* Fig. 375, nur ist hier die Anzahl der Streben und der Hängestangen vermehrt. Mit einer entsprechenden Vermehrung der Streben kann dieses System natürlich auch für grössere Spannweiten, als in Fig. 377 angegeben ist, brauchbar gemacht werden, denn in Deutschland sind schon Binder mit der in *D* Fig. 377 angedeuteten Strebenzahl für Spannweiten von 30 Meter zur Ausführung gekommen. Da aber die Stützen oder Streben dieses Systemes sehr lang werden und bei flachen Dächern eine sehr schräge Lage erhalten, so sind die Binderconstructionen Fig. 378 für sehr grosse Spannweiten vorzuziehen.

Fig. 378.



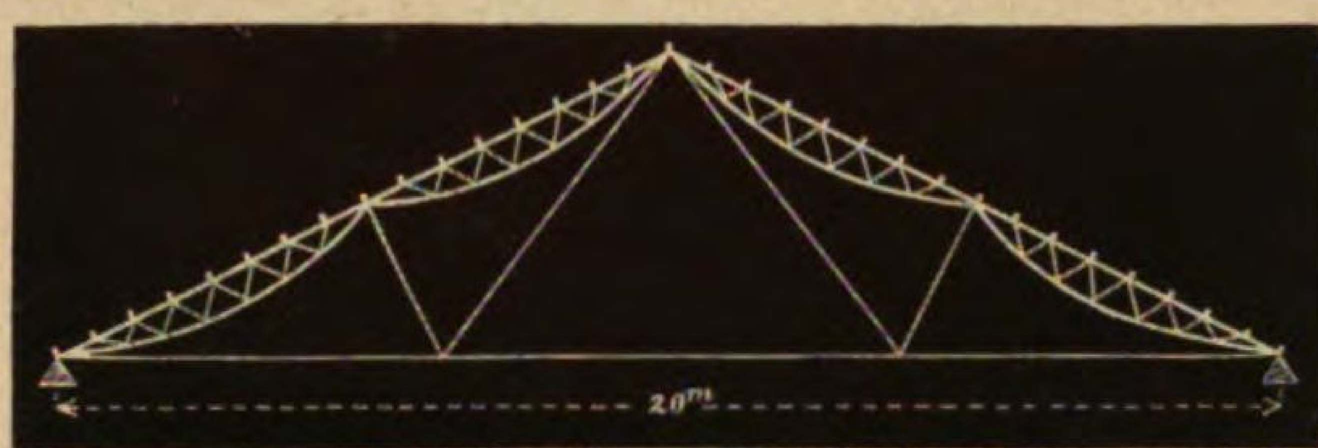
Bei den drei Binderformen *A*, *B* und *C* Fig. 378, sämmtlich Variationen des Polonceau'schen Systemes, hat jede Binderhälfte nacheinander 3, 4 und 5 Stützpunkte erhalten. Die Hauptknotenpunkte *b* des Binders *A* tragen die Hauptstütze, an deren Verbindungs-

punkt mit der Hauptstrebe die Zugstangen von den Knotenpunkten *a* und *c*, welche die Nebenstützen tragen, aufgehängt sind. Von den Knotenpunkten *b* des Binders *B* dagegen gehen zwei Stützen gegen die Hauptstrebe als Aufhängepunkt der Zugstangen, die von den Knotenpunkten der Nebenstützen *a* und *c* ausgehen.

In ganz ähnlicher Weise, wie bei dem Binder *A* sind auch die Nebenstützen des Binders *C* angeordnet und kann man die Anzahl der Stützen ganz nach Bedürfniss wählen. Als Regel kann man bei derartigen Binderconstructionen festhalten, dass nur die Punkte der Hauptstreben zweckmässig durch Fetten belastet werden dürfen, wo eine Stütze vorhanden ist, oder mit andern Worten, **nur die Knotenpunkte der Stützen mit den Hauptstreben sollen Lastpunkte sein.**

Anstatt, bei Anwendung von Polonceau'schen Bindern, für grosse Spannweiten viele kleine Nebensysteme in das Hauptsystem einzulegen, um die Hauptstreben genügend zu unterstützen, ist es bei den ganz aus Eisen construirten Bindern, sowohl für die Berechnung wie für die Ausführung zweckmässiger, die Hauptstreben unabhängig von den Hauptzugstangen des Binders durch gekrümmte Gitterträger zu unterstützen, die dann die Dachbelastung auf die Hauptknotenpunkte des Binders übertragen. Solche Binder, deren Form in Fig. 379 angedeutet ist, sind zuerst von **J. W. Schwedler** für die Retortenhäuser einer Gasanstalt zu Berlin ausgeführt.

Fig. 379.



Die Querschnittform der Hauptstreben ist so zu gestalten, dass sich die Fetten leicht auf den Streben befestigen lassen, dabei muss aber der Widerstand des Querschnittes gegen seitliche Einknickung der Fettenentfernung entsprechen, indem die Fetten ja auch die seitliche Aussteifung der Binderstreben zu besorgen haben. Je nach der Pressung, die in den Bindern auftreten kann, und je nach der Entfernung der Fetten und der Stützen unter den Streben macht man dieselben entweder aus T-Eisen nach Fig. 380, oder aus 2 Winkeleisen nach Fig. 381. Die letztere Form ist namentlich für grosse Binder gut geeignet, da sie eine grosse Seitensteifigkeit besitzt und da zwischen den beiden Winkeleisen geeignete Bleche genietet werden können, die eine sehr einfache und doch solide Befestigung der Stützen und Zugstangen ermöglichen. Für Binderstreben von grosser Spannweite wendet man auch wohl 4 Winkeleisen an, wie dies Fig. 2, **Blatt 7** zeigt.

Fig. 380.



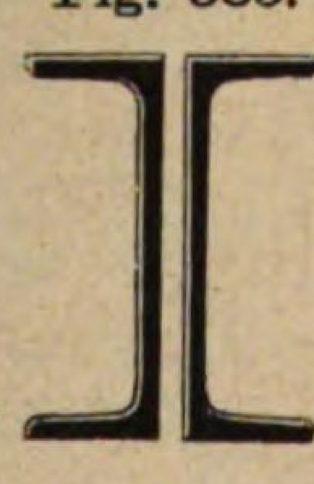
Fig. 381.



Fig. 382.



Fig. 383.

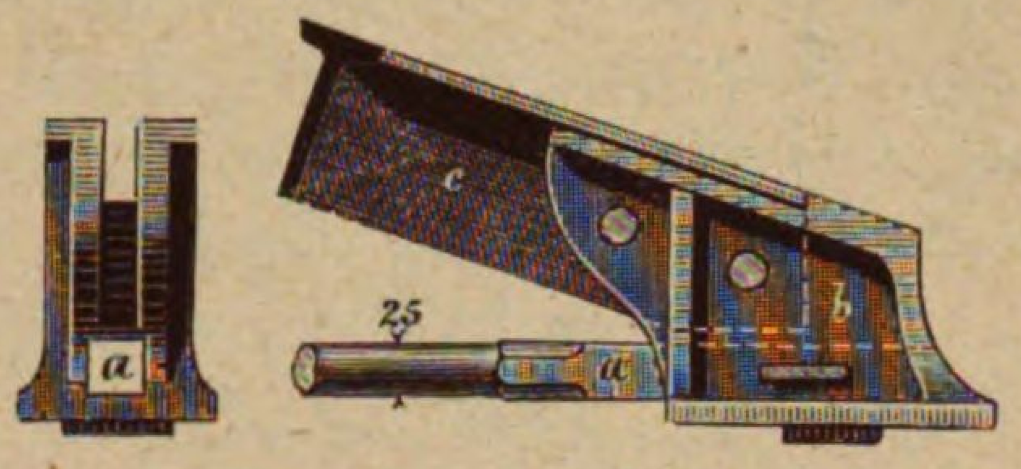


Weniger geignet zu diesem Zwecke sind die I-förmigen Walzeisen, Fig. 382, weil die Zugstangen und Stützen sich nicht unmittelbar daran befestigen lassen und die erforderlichen Hilfsconstructionen die Ausführung der Binder complicirt und daher kostspieliger machen. Dagegen gestattet der Querschnitt aus 2 ⊏-Eisen, nach Fig. 383, bei dem aber die verticalen Stege möglichst schwach zu halten sind, eine ebenso gute Anbringung der Zugstangen und Stützen, wie der Querschnitt Fig. 381, desshalb werden diese beiden Querschnittformen auch am meisten angewendet.

Bei älteren eisernen Dachconstructionen sind die Streben der Binder im Firste gewöhnlich in einem gusseisernen Hute vereinigt, während sie am Auflager in gusseisernen Schuhen stecken, in denen die Zugstange festgekeilt ist. Auch die Stützen wurden häufig aus Gusseisen construirt, was zwar unbedenklich geschehen kann, was aber doch nicht zu empfehlen ist, weil die Modelle, welche zu den Gussstücken nöthig sind, die Ausführung der Construction in der Regel theurer machen, als wenn der ganze Binder aus Walzeisen hergestellt wird.

Fig. 384 zeigt den Strebenschuh eines Binders von ca. 11 Meter Spannweite nach der Form *D* Fig. 375 mit Stützen und Hängestangen nach dem **englischen Dreiecksystem.** Dieser ist im Jahre 1848 für die Perronhalle der **Victoria-Station** in **Manchester** zur Ausführung gekommen. Mittelst Keilen ist die Zugstange *a* in den Strebenschuh *b* befestigt, während die aus **T**-Eisen, von 6,5 Centim. Höhe und Breite bestehende Strebe *c* von 2 Schraubenbolzen in dem Schuhe festgehalten wird. Obgleich dieses Auflager einfach und ziemlich solide ist, so würde man dasselbe doch noch einfacher und billiger aus 2 Winkeleisenstücken hergestellt haben, die an der Strebe *c* angenietet sein konnten, mit denen dann die Zugstange *a* leicht durch einen Bolzen zu verbinden war.

Fig. 384.



Das Gussstück *a*, Fig. 385 und 386, dient zur Verbindung der beiden Streben *c* im Firste des Binders, dasselbe trägt auch die aus **T**-Eisen bestehende Firstfette *b*, auf der ein abgerundetes Langholz liegt, worauf die Firsteindeckung, aus Blei oder Zinkblech bestehend, befestigt ist. Als Dacheindeckung sind Schieferplatten angewendet, die mittelst kupferner Nägel auf Latten *e* aus Winkeleisen von ca. 3 Centim. Schenkellänge bei 5 Millim. Stärke in Abständen von ca. 30 Centim. angebracht, in der Weise befestigt sind, dass die Nägel hinter dem Winkeleisenschenkel umgebogen wurden. In Fig. 387 ist die Verbindung der geneigten Stützen *a* und der verticalen Hängestangen *b* mit der Zugstange *c* dargestellt. Die Stützen *a* bestehen nämlich ebenfalls aus **T**-Eisen und ist der verticale Schenkel unten schräg abgehauen, während der andere Schenkel entsprechend gebogen und durchbohrt, durch die verticale Hängestange mit der ebenfalls durchlochten Zugstange verschraubt ist. Der Durchmesser der Hängestange beträgt nur 1,2 Centim.; zur Ausgleichung der schrägen Richtung der Zugstange haben die Muttern der Hängestange *b* schräge Unterlagsplatten erhalten, damit die verticale Stange beim Anziehen der Muttern nicht verbogen werde. Fig. 388 zeigt die Verbindung der schrägen Stütze *a*, der Binderstrebe *c* und der Hängestange. Mit *a* sind durch 2 Schraubenbolzen die beiden Flacheisen *b* verschraubt, welche die Binderstrebe *c* umfassen und hierdurch ist ein Bolzen *d* gezogen, an dem die oben gabelförmig gestaltete Hängestange aufgehängt ist. In der Mitte des Binders, wo die 2 Streben *a* mit der Hängestange *b* und der Zugstange *c* zu verbinden waren, ist diese Verbindung in der Weise bewirkt, wie es Fig. 389 andeutet. Jedes Ende der in 2 Theilen hergestellten Zugstange *c* hat ein Oehr und sind diese durch die Bolzen *d* und durch die Bleche *e* zu einem Ganzen vereinigt. Von den beiden Streben sind wieder die verticalen Stege schräg abgehauen, die Flantschen aber über einander gebogen und durch die Hängestange *b* mit den Verbindungsblechen *e* verschraubt. Um diese, den Zugstangenöhren entsprechend von einander entfernt zu halten,

Fig. 385.



Fig. 386.

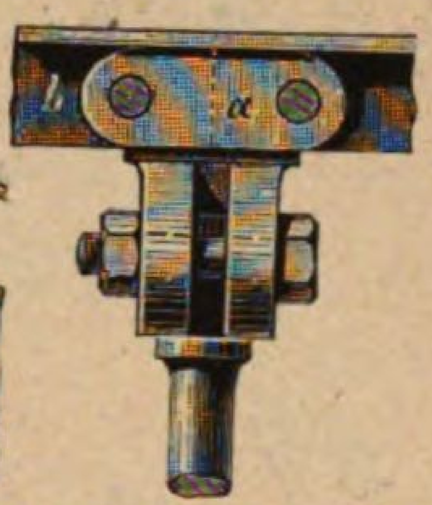


Fig. 387.

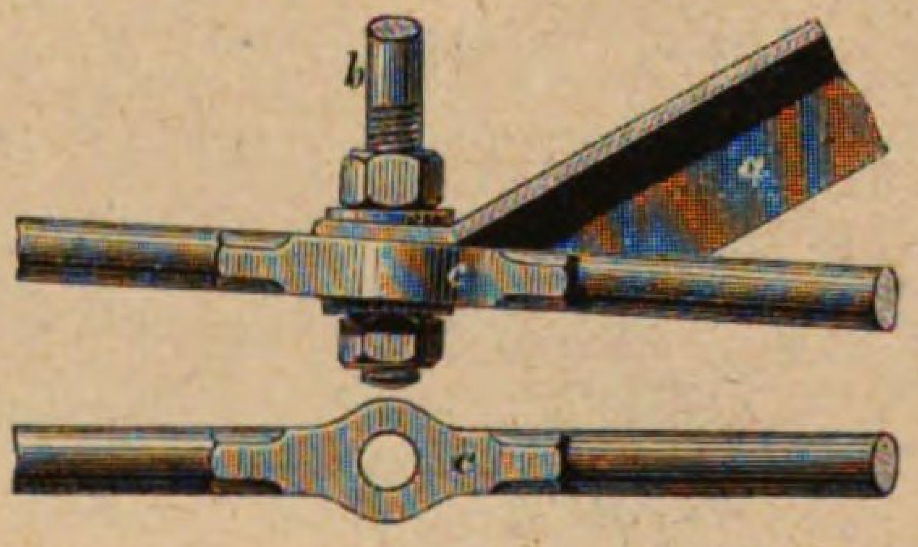


Fig. 388.

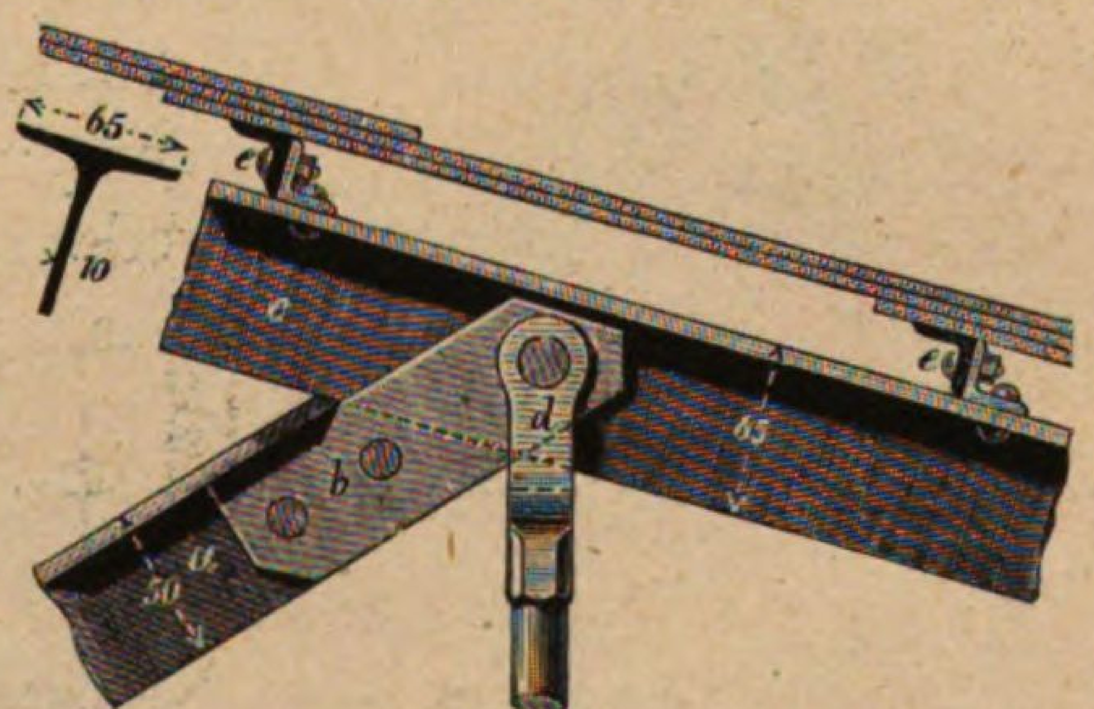
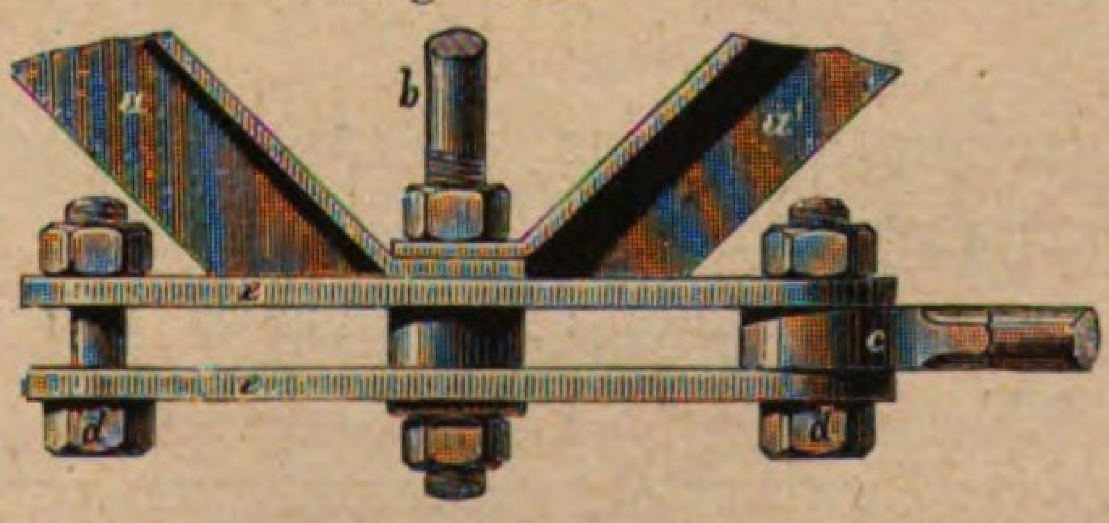


Fig. 389.



ist zwischen ihnen eine runde Distanzbüchse gelegt, die gestattet, dass man die beiden Muttern der Hängestange *b* fest anziehen kann.

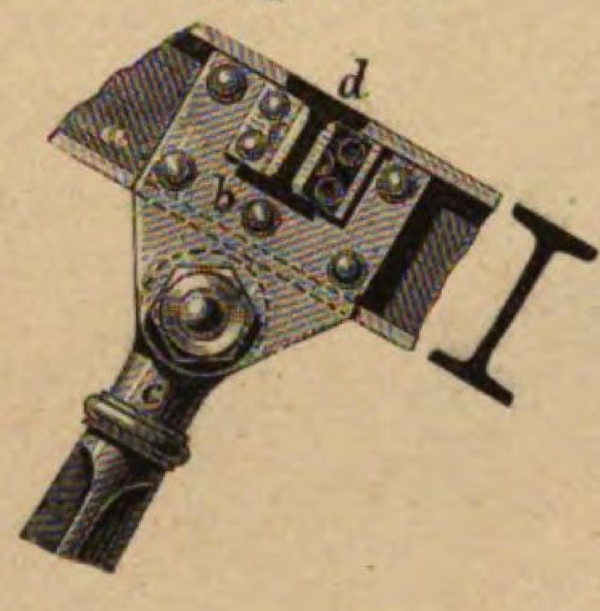
Diese Binder sind, wegen der schwachen Latten aus Winkeleisen, welche die Dacheindeckung tragen, nur ca. 2 Meter von einander entfernt aufgestellt; aus diesem Grunde konnten auch die Dimensionen der Constructionstheile des Binders so schwach gehalten werden, da die Last, welche auf jeden Binder kommt, ziemlich gering ist.

Andere Dachbinder, bei denen die Hauptstreben aus T-Eisen bestehen, sind auf **Blatt 9** Fig. 8 und 19 dargestellt.

Gebräuchlicher ist die Herstellung der Binderstreben aus 2 Winkeleisen nach Fig. 381; Dachconstructionen dieser Art zeigen Fig. 7 und 12, **Blatt 7**, sowie Fig. 4, **Blatt 8** und Fig. 14, **Blatt 9**.

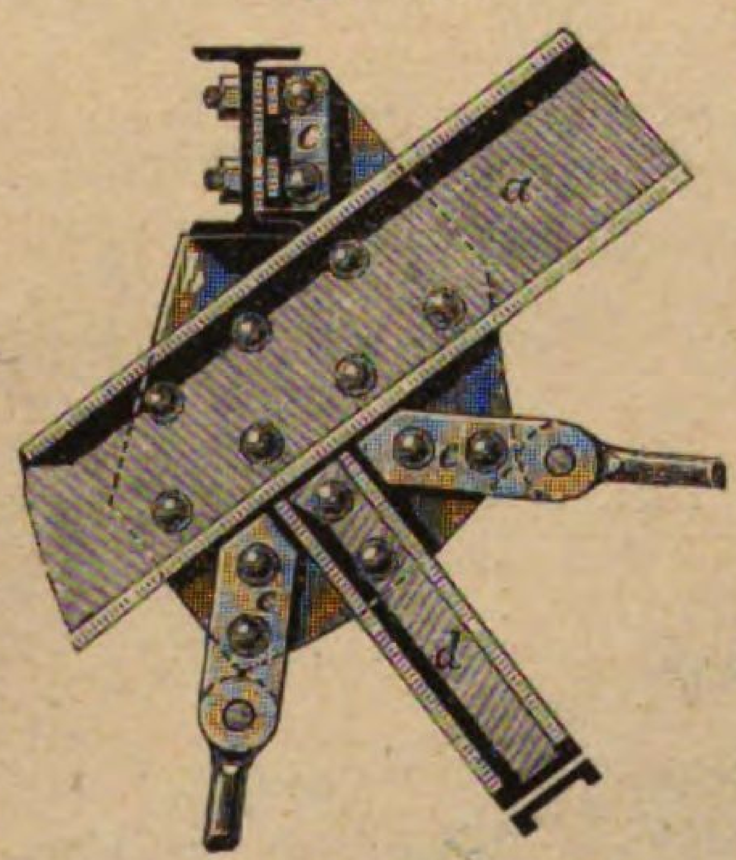
Wie schon weiter oben erwähnt wurde, eignen sich die **I**-Eisen desshalb nicht gut zu den Binderstreben, weil die Stützen und Zugstangen schwierig mit ihnen in Verbindung zu bringen sind. Fig. 390 giebt als Beispiel den Verband der Hauptstrebe *a* mit der Stütze *c*. Um hier die Bleche *b* auf dem **I**-Eisen befestigen zu können, muss man zu beiden Seiten des Steges eiserne Zwischenstücke auflegen, damit die Bleche an der unteren Flantsche vorbeigehen. Hierdurch wird die Verbandstelle sehr hoch und daher sind die Nieten nach der Vernietung leicht zum Abreissen geneigt, aus dem auf Seite 60 angegebenen Grunde; namentlich ist dies bei den Nieten der Winkellaschen, welche die Fette *d* halten, der Fall, wenn hier eine Fette angebracht werden muss. Eine andere derartige Verbindung zwischen einer gusseisernen Stütze und der Hauptstrebe aus **I**-Eisen giebt Fig. 14 und 15, **Blatt 5**, wobei jedoch die Nieten durch Schraubenbolzen ersetzt sind.

Fig. 390.



Wenn die Hauptstreben des Binders aus ⊏-Eisen construirt werden, so lassen sich die Stützen und Zugstangen sehr leicht mit ihnen vereinigen. Bei dem in Fig. 391 dargestellten Knotenpunkt *g* des Binders Fig. 1, **Blatt 9** ist zwischen den beiden ⊏-Eisen *a* eine Blechplatte *b* festgenietet, woran die Stützen *d*, aus 2 ⊏-Eisen bestehend, direct angenietet sind. Ebenso konnten zu jeder Seite dieser Blechplatte *b* kurze Flacheisenstücke *e* angenietet werden, welche die Oehre der aus Rundeisen bestehenden Zugstangen zwischen sich aufnehmen. Auch die Fetten *f* aus **I**-Eisen sind in einfacher Weise vermittelst der Winkellaschen *c* daran festgenietet.

Fig. 391.



Die Stützen oder Streben zur Unterstützung der Binderstreben werden am zweckmässigsten aus Walzeisen construirt. Sie können entweder aus **+**-Eisen nach Fig. 233 bestehen, oder man kann dieselben aus 2 Stück T-Eisen nach Fig. 392 zusammensetzen. Besser

Fig. 392.



Fig. 393.



Fig. 394.

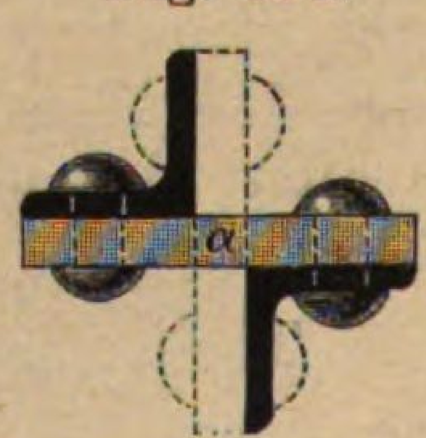


Fig. 395.

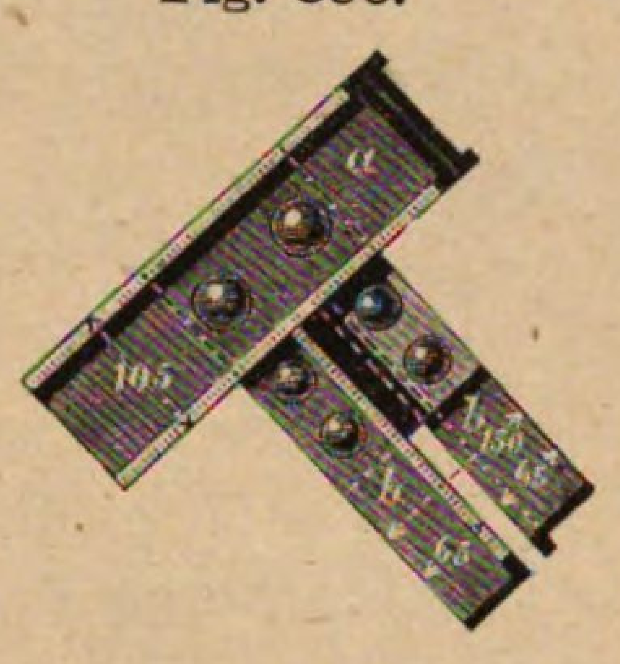


geeignet als diese, dürften aber noch 2 Stück ⊔-Eisen sein, wie solche in Fig. 393 angedeutet sind. Da aber diese Querschnittformen nicht immer passend im Handel vorkommen, sondern meistens erst in den Walzwerken bestellt werden müssen, so kann man sehr passend den aus 2 Winkeleisen bestehenden Querschnitt Fig. 394 anwenden, weil diese Eisensorte in allen Dimensionen auf den Eisenlagern vorräthig gehalten wird. Solche

Façoneisen nietet man in den Knotenpunkten der Binder an Flacheisen oder an Blechstücke *a*, die mit den übrigen Constructionsgliedern verbunden sind. Der Querschnitt der Stützen muss so zusammengesetzt werden, dass das Trägheitsmoment nach beiden Seiten des Querschnittes gleich gross ist, wenn das Material zweckmässig verwendet werden soll; auch müssen die beiden Façoneisen in bestimmten Abständen mit einander vernietet sein, damit nicht ein Theil für sich einknicken kann. Bei dem Querschnitte Fig. 394 müsste diese Vernietung ein Mal in der ausgezogenen, das andere Mal in der punktirten Weise stattfinden, dann erhält der Querschnitt nach beiden Richtungen gleiche Festigkeit. Für sehr stark belastete Stützen, würde man 4 Winkeleisen, wie im Querschnitte Fig. 395 dargestellt ist, anwenden können.

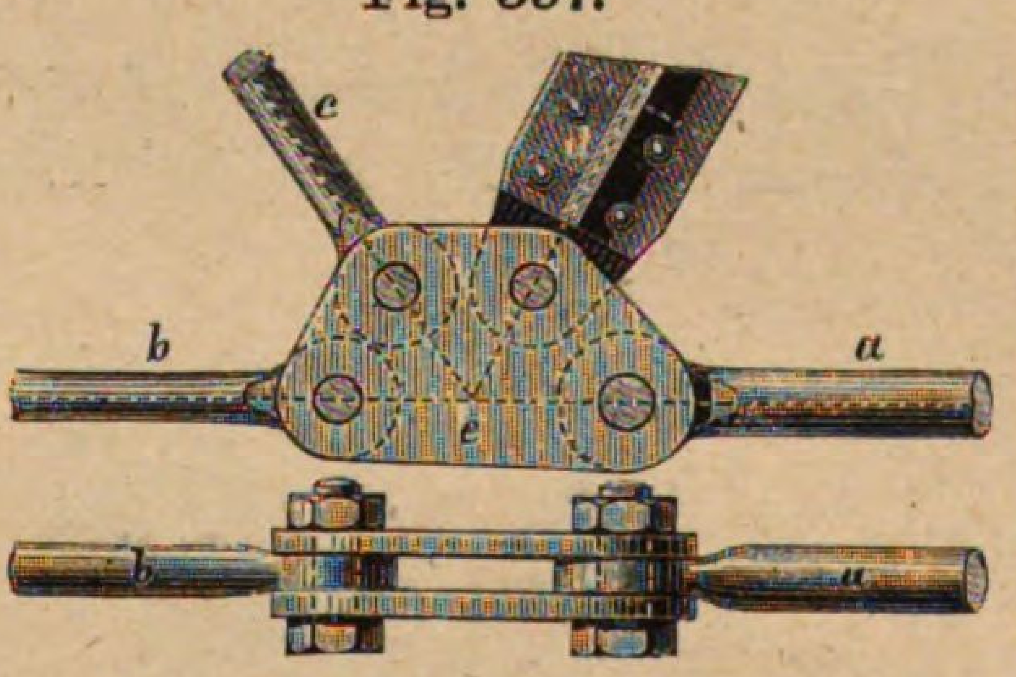
Die Knotenpunkte dieser Winkeleisenstützen mit den Binderstreben lassen sich meistens sehr einfach bilden. Wie z. B. Fig. 396 zeigt, ist zwischen den beiden ⊏-Eisen *a* der Binderstrebe eine genügend starke Blechplatte mit 2 starken Nieten befestigt, an deren unterm Ende die beiden Winkeleisen *b* mit schwächeren Nieten angenietet sind. Die Stärke der Blechplatte ist doppelt so gross zu nehmen, wie die Schenkelstärke der Winkeleisen und sind bei der Nietgruppirung die in §. 47 gegebenen Regeln zu beachten. In Fig. 396 haben z. B. die 4 unteren Nieten zusammen eine ebenso grosse Querschnittfläche wie die beiden oberen, wobei zu berücksichtigen ist, dass erstere einschnittig, die letzteren aber zweischnittig beansprucht werden. Die Form der Blechplatte muss natürlich entsprechend verändert werden, wenn dieselbe noch Zugstangen aufzunehmen hat; für diesen Fall giebt Fig. 391 ein passendes Beispiel.

Fig. 396.



Die Bildung der Hauptknotenpunkte zwischen den unteren Zugstangen und den Stützen eines Binders nach dem **Polonceau**'schen System ist in Fig. 397 angedeutet, wobei angenommen wurde, dass die untere Zugstange horizontal sei, wie bei dem Binder Fig. 379. Sind die Mittellinien der Stangenrichtungen, wie es Fig. 397 punktirt andeutet, aufgezeichnet, die sich in dem Punkte *e* schneiden, so zeichnet man die Kreise der Oehren von den Zugstangen *a, b, c* und von der Strecke *d*, so dass zwischen allen Oehren ein kleiner Spielraum vorhanden ist. Hierauf zieht man an diese Kreise die Tangenten, welche dann die Form des Deckbleches bestimmen. Die Stütze *d*, aus 2 T-Eisen zusammengesetzt gedacht, greift mit dem unteren Bleche zwischen die Deckbleche und ist durch einen Drehbolzen in diesen befestigt. Einen ähnlichen Knotenpunkt giebt Fig. 17, **Blatt 9**. Die Dicke der Deckbleche ist = $^1/_2$ der Höhe des Raumes zwischen den Blechen, oder = $^1/_2$ der Dicke der Zugstangenöhren zu nehmen.

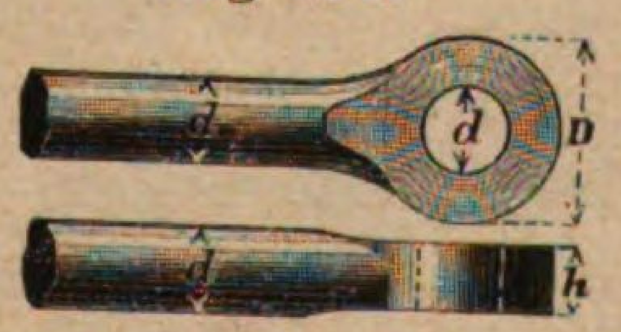
Fig. 397.



Da die Drehbolzen der Zugstangen **zweischnittig** auf Abscheerung in Anspruch genommen werden, so braucht ihre Querschnittfläche auch nur die Hälfte von dem zu betragen, was Formel (5) S. 30 ergiebt. Damit aber der Druck in den Bolzenlöchern nicht zu gross ausfällt, indem dieselben selten exakt ausgeführt werden, ist es rathsam, den Bolzendurchmesser = dem Durchmesser der betreffenden Zugstange zu machen.

Ist die Höhe *h* des Oehres, Fig. 398, geringer als der Zugstangendurchmesser *d*, so ist die Stange nach dem Oehre zu breiter zu machen, wie es in Fig. 398 angedeutet ist, damit der Querschnitt der Stange überall gleich gross wird. Die Abmessungen des Oehres lassen sich in folgender Weise bestimmen, wenn man den Querschnitt der Zugstange = $\frac{d^2\pi}{4}$ dem Querschnitte des Oehres = $h(D-d)$ gleich setzt; es ist:

Fig. 398.



$$\frac{d^2\pi}{4} = h\,(D-d)\,;\ \text{oder}\ D = \frac{d^2\pi}{4h} + d = 0{,}785\,\frac{d^2}{h} + d. \quad . \quad . \quad . \quad (224)$$

Hiernach sind die nachstehenden Verhältnisse berechnet:

$$\frac{h}{d} = 0{,}5;\ 0{,}6;\ 0{,}7;\ 0{,}8;\ 0{,}9;\ 1{,}0;\ 1{,}1;\ 1{,}2;\ 1{,}3;\ 1{,}4;\ 1{,}5;$$

$$\frac{D}{d} = 2{,}57;\ 2{,}31;\ 2{,}12;\ 1{,}98;\ 1{,}88;\ 1{,}79;\ 1{,}72;\ 1{,}66;\ 1{,}61;\ 1{,}56;\ 1{,}53.$$

Beispiel: *Eine Zugstange sei mit 7070 Kilogr. gespannt; gesucht wird ihr Durchmesser, sowie die Abmessungen des Oehres.*

Bei Dachconstructionen, wo eine ruhig wirkende Belastung stattfindet, wobei die Maximalspannung, für welche das Dach berechnet ist, nur selten auftritt, kann die zulässige Belastung des Materials (Tabelle I, S. 27) ziemlich hoch angenommen werden; man kann hier für Schmiedeeisen pro □ Centim. Querschnittfläche 1000 Kilogr. zulassen. Für die obige Zugstange ist demnach ein Querschnitt von $\frac{7070}{1000} = 7{,}07$ *□ Centim. erforderlich. Da nun der Durchmesser d eine Querschnittfläche von* $\frac{d^2\pi}{4} = 0{,}785\,d^2$ *hat, so muss sein:*

$$0{,}785\,d^2 = 7{,}07\,;\ \textit{oder}\ d = \sqrt{\frac{7{,}07}{0{,}785}} = 3{,}0\ \textit{Centim.}$$

Macht man für die Abmessungen des Oehres das Verhältniss $\frac{h}{d} = 0{,}7$, *so ist:*

$$h = d\,.\,0{,}7 = 3\,.\,0{,}7 = 2{,}1\ \textit{Centim.},$$

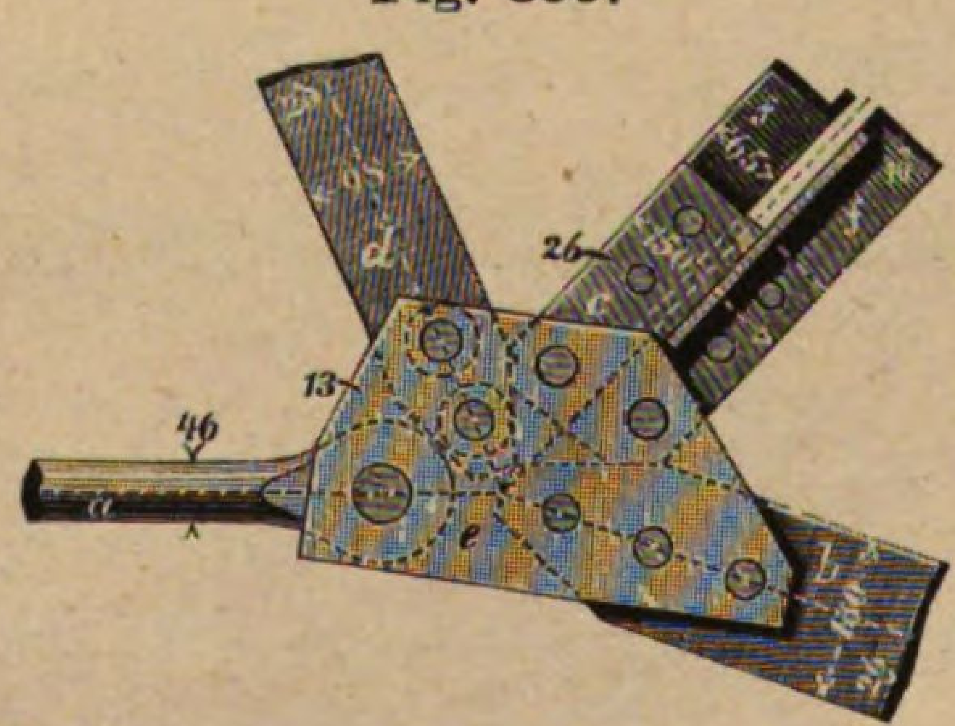
und es wird nach der obigen Tabelle $\frac{D}{d} = 2{,}12$; *oder:*

$$D = d\,.\,2{,}12 = 3\,.\,2{,}12 = 6{,}36\ \textit{Centim.};$$

zieht man hiervon den Bolzendurchmesser d ab, so bleibt 6,36 — 3 = 3,36 Centim. als Eisenstärke für das Oehr; dies mit der Höhe h = 2,1 Centim. multiplicirt, ergiebt als reinen Querschnitt des Zugstangenöhres 2,1 . 3,36 = 7,06 □ Centim. der also annähernd ebenso gross ist, wie der Querschnitt der runden Zugstange.

Bei Dachbindern von grosser Spannweite construirt man oft die Hauptzugstangen aus Flacheisen; die Bildung der Knotenpunkte für diesen Fall erläutert Fig. 399. Nachdem die Axenrichtungen der Zugstangen gezeichnet sind, wie es in Fig. 399 angegeben ist, vertheilt man die Nieten, deren Zahl und Durchmesser den Dimensionen der Zugstangen entsprechen müssen, nach den in §. 47 gegebenen Regeln. Die Stärke der Deckbleche wird $= \frac{1}{2}$ der Dicke der stärksten Zugstangen genommen und erhalten die Nieten einen Durchmesser = der Dicke beider Deckbleche zusammengenommen. Die Zugstange *b* ist 2,6 Centim. stark und 13 Centim. breit, ihr Querschnitt daher 2,6 . 13 = 33,8 □ Centim.; sie ist mit 3 Nieten von je 2,6 Centim. Durchmesser zwischen den Deckblechen *e* des Knotenpunktes befestigt. Da diese 3 Nieten **zweischnittig** beansprucht werden, so repräsentiren dieselben 6 Nietquerschnitte. Die Querschnittfläche jedes Nietes ist = 5,31 □ Centim. und die Summe der 6 Nietquerschnitte 6 . 5,31 = 31,86 □ Centim.; der Netto-Querschnitt der durch ein Nietloch verschwächten Zugstange *b* ist aber nur 33,8 — 2,6 . 2,6 = 27,04 □ Centim., also etwas geringer als die Summe der Niet-Querschnitte. Zur Befestigung der Zugstange *d*, die 2 Centim. dick und 9,8 Centim. breit ist, daher einen Querschnitt von 2 . 9,8 = 19,6 □ Centim. besitzt, waren nur 2 Nieten erforderlich, deren 4 Querschnitte einen Flächeninhalt von 4 . 5,31 = 21,24 □ Centim. haben. Der Querschnitt der Nieten ist hier demnach auch etwas grösser als der Zugstangen-Querschnitt. Zwischen den beiden Deckblechen *e* und der Zugstange *d* sind an beiden Seiten die punktirt angedeuteten Ringe gelegt, die je 3 Millim. hoch sind und daher die

Fig. 399.



Zugstangendicke *d* zu der Dicke der Zugstange *b* ergänzen, um den Raum zwischen den beiden Deckblechen *e* auszufüllen. **Blatt 9**, Fig. 3 zeigt einen dem vorhergehenden ähnlich construirten Knotenpunkt.

Für alle Nietverbindungen, die warm vernietet werden, ist nach den Erläuterungen S. 59 **die Querschnittsumme aller Nietschnitte zu jeder Seite der Stossfuge = dem Netto-Querschnitte der zu stossenden Flacheisen zu setzen**, indem man wegen der **Reibung zwischen den Blechen** die Abscheerungsfestigkeit = der Zugfestigkeit des Schmiedeeisens annehmen kann. In der Regel nimmt man aber die Summe der Nietquerschnitte etwas grösser als den Netto-Querschnitt der Flacheisen. In Bezug auf das Abschneiden der Ecken von den Flacheisen sind die Fig. 97 bis 101, S. 61 zu beachten.

Bei dem gedrückten Bleche *c* Fig. 399, woran die Winkeleisen *f* genietet sind, kann man die Nietlöcher **nicht** als Verschwächung betrachten, denn die Leibungen der Nietlöcher nehmen den Druck ebenfalls mit auf; die Summe der Nietquerschnitte muss hier demnach so gross sein, wie der Querschnitt des angenieteten Stabes für **einfachen** Druck berechnet. Zu beachten ist, dass die 4 Niete, welche die Winkeleisen *f* an der Platte *c* festhalten **einschnittig**, die Niete, welche die Blechplatte mit den Deckblechen verbinden, aber **zweischnittig** beansprucht werden.

Die weiteren Detail-Constructionen der schmiedeeisernen Dachbinder werden bei den nachstehenden Notizen zu den ausgeführten Dächern, die auf den Tafeln dargestellt sind, näher erörtert werden.

Auf **Blatt 7**, Fig. 12, ist die Ansicht eines Binders dargestellt, wie solche zur Ueberdachung des mittleren Raumes vom Hauptgebäude der Villa **Krupp** bei Essen construirt und von der **Maschinenbau-Actiengesellschaft** zu **Cöln** ausgeführt wurden. **Blatt 8**, Fig. 8 zeigt den Grundriss dieses Daches, worin die 6 Stück Binder mit *E* bezeichnet sind. Ueber je 2 Binder, die durch 4 gekreuzte Zugstangen aus 2,5 Centim. starkem Rundeisen gegen Verschiebung durch Winddruck gesichert sind, liegen 9 Stück armirte Fetten aus Winkeleisen, deren Ansicht Fig. 10 und 11, **Blatt 7** zeigt. Auf den Fetten sind mittelst Hakenschrauben die hölzernen Sparren befestigt, worauf die Dachschaalung genagelt ist. Diese Sparren bewirken eine vollständige Aussteifung der Fetten gegen seitliches Einknicken, dieselben brauchten aus diesem Grunde nicht steif construirt zu werden. Das Dach ist mit Zinkblech Nr. 12 nach dem belgischen Leistensystem eingedeckt. Die in dem Grundrisse Fig. 8 eingezeichneten Röhren *v* dienen als Ventilationsschächte.

Die Binder sind nach Art der parabolischen Träger mit gedrückten Verticalen construirt, doch bildet die obere Gurtung keine Parabel, sondern einen Kreisbogen, weil die äussere Ansicht der Giebel dies bedingte. Die obere gedrückte Gurtung besteht aus 2 in einer Länge durchlaufende Winkeleisen von 10,5 × 2 Centim. Schenkelabmessung, die an den Auflagern an verticale Blechplatten von 2 Centim. Stärke befestigt sind. An diesen Blechen, die auch die beiden Flacheisen, à 13 × 2 Centim., der unteren Gurtung aufnehmen, ist die Auflagerfläche durch 2 Winkeleisen gebildet, welche am Ende des Binders noch durch 2 vertical gestellte Winkeleisen ausgesteift werden; diese Lagerflächen ruhen auf gusseisernen Unterlagsplatten. Sowohl die Verticalen wie auch die Diagonalen sind an den Enden nur durch einen Nietbolzen von 2,6 Centim. Durchmesser festgehalten; da dessen Querschnitt nur 5,31 □Centim. beträgt, die beiden Nietschnitte also zusammen nur 2 . 5,31 = 10,62 □Centim. Querschnittfläche haben, während die Diagonalen 10,5 . 2 — 5,2 = 15,8 □Centim. Querschnitt besitzen, weshalb hierbei eine nicht unerhebliche Materialverschwendung vorgekommen ist. Dies erklärt sich dadurch, dass der Lieferant zugleich Constructeur des Daches war und es in seinem Interesse lag, das Gewicht so gross wie möglich zu halten, weil er pro Ctr. bezahlt erhielt und ihm das Gewicht der Construction nicht vorgeschrieben war. Eine weitere Verschwendung ist es, dass alle Binder gleich stark ausgeführt sind, da doch nach dem Grundrisse Fig. 8, **Blatt 8** die Belastung derselben sehr verschieden ist. Auch die an den beiden Giebelmauern

liegenden Binder hätten wegbleiben können, da die Fetten sich leicht in der Mauer befestigen liessen.

Es ist nach dem Vorstehenden also **nicht** rathsam, dem Lieferanten von Eisenconstructionen auch den Entwurf derselben anzuvertrauen, namentlich dann nicht, wenn man nach dem Gewichte bezahlt, da sonst die Arbeiten übermässig schwer und theuer werden.

Blatt 8, Fig. 1 bis 7, veranschaulicht die Dachconstruction über dem Güterschuppen der **Potsdam-Magdeburger-Eisenbahn** auf dem Bahnhofe zu Berlin*). Diese sehr zweckmässigen Güterschuppen sind vollständig feuersicher construirt und bestehen die Umfassungswände aus Ziegelrohbau von 2 Stein Dicke mit 3 Stein starken Pfeilern unter den Dachbindern. Die Binder sind nach Fig. 4 ganz aus Eisen hergestellt und mit verzinktem Eisenwellbleche eingedeckt. Auch die Fensterrahmen, die Thorzargen und Thore bestehen aus Eisen, während die Fussböden theils in der Weise ausgeführt wurden, dass 6,5 Centim. starke, 47 Centim. im Quadrat grosse Platten aus Mosaiksteinen mit Cementguss in Rahmen gegossen sind, die nach vollständiger Erhärtung in Cementmörtel auf einer 16 Centim. starken Betonschicht verlegt und in den Fugen mit Cement vergossen sind. Die Betonschicht ruht auf einer Sandschüttung, welche durch reichliches Aufgiessen von Wasser festgeschlämmt wurde, wodurch ein späteres Setzen des Fussbodens verhindert ist. Die Beton-Unterlage und Pflasterung kostete pro □ Meter fertig verlegt 7,6 Mark.

Da aber diese Fussböden sich etwas rauh fahren und sich ausserdem Staub bildet, so sind dieselben noch nachträglich mit einer dünnen Lage Asphalt, ohne Kieszusatz, überzogen worden.

Die beiden parallel neben einander herlaufenden Schuppen Fig. 1, 2 und 3, zwischen denen eine Zufuhrstrasse liegt, haben eine Länge von 198,2 resp. 235,6 Meter Länge und sind zur grösseren Sicherheit, bei etwa unter den lagernden Gütern ausbrechenden Bränden, auf je 47,4 Meter Länge $1^1/_2$ Stein starke Brandmauern aufgeführt, von denen jede 2 Oeffnungen von 2,5 Meter Weite enthält, welche durch eiserne Schieberthore rasch zu schliessen sind.

Die Entfernung der Dachbinder beträgt 5,338 Meter von Mitte zu Mitte und sind nach Fig. 1 und 4 die Vordächer den Hauptdächern **entgegengesetzt** geneigt, wodurch sich über dem Anschlusse der Vordächer an den Schuppen 1,57 Meter hohe Wandflächen ergeben, die nach Fig. 2 und 4, mit Ausnahme der an den Brandmauern anschliessenden massiven Pfeilern ganz mit eisernen Sprossen ausgebaut und mit mattgeschliffenem Glase verglast sind. Durch diese Glaswände wird das Innere der Schuppen so reichlich beleuchtet, dass Oberlichter nicht erforderlich waren, und bietet das mattgeschliffene Glas den grossen Vortheil, dass die Sonnenstrahlen abgehalten und somit die Schuppen vor grosser Hitze und blendendem Lichte geschützt werden. Die gesammte Verglasung kostete pro □ Meter 3,47 Mark, wovon auf das Mattschleifen ca. 1 Mark zu rechnen ist.

Zur Abdeckung der Hauptdächer ist verzinktes Eisenblech Nr. 20 verwendet, während die Vordächer mit Nr. 19 abgedeckt sind. Das Wellblech der letzteren Dächer endet über der an der Schuppenmauer liegenden Regenrinnen, welche aus Zinkblech bestehen und zum Schutze gegen den Schnee, sowie zur sicheren Begehung mit 4 Centim. starken und 52 Centim. breiten Bohlen belegt sind.

Die Abfallröhren haben 15,7 Centim. Durchmesser und sind in Entfernungen von je 21,352 Meter angebracht; sie leiten das Wasser in die Abzugscanäle. Dagegen haben die ebenfalls aus Zinkblech hergestellten Rinnen der Hauptdächer, Fig. 4, in je 10,676 Meter Entfernung ein Abfallrohr von 10,5 Centim. Durchmesser erhalten und leiten diese Röhren ihr Wasser in die Rinnen der Vordächer.

Damit unter dem Dachraume stets reine Luft vorhanden ist, sind Luftabzüge aus starkem Bleche in den Dachfirst eingesetzt, und zwar nach Fig. 2 je ein Abzugsrohr auf 10,676 Meter Dachlänge.

*) Mitgetheilt von Herrn Baurath und Eisenbahndirector **L. Quassowski** in Erbkam's Zeitsch. f. Bauw. 1871. S. 177.

Die schmiedeeisernen Dachbinder sind in Fig. 4 in der Ansicht dargestellt und sind die Dimensionen der Winkeleisen und Flacheisen in Millim. eingeschrieben. An den Knotenpunkten der Gurtungen sind 1 Centim. starke Stossplatten zwischen die Winkeleisen genietet um die Vertical- und Diagonalstäbe des Fachwerkes aufzunehmen und ist die untere Gurtung des Hauptdaches in den beiden Feldern unter dem First noch durch ein 13 × 0,6 Centim. starkes Flacheisen verstärkt.

Am Auflager verbinden zwei paar Winkeleisen die obere und untere Gurtung des Binders und zwar stehen die äusseren Winkeleisen senkrecht, während die inneren geneigt sind. Wie aus Fig. 4 hervorgeht, wurden diese Winkeleisen mit einer 1 Centim. starken Blechplatte vernietet, welche wieder mittelst Winkeleisen von 7,2 Centim. Schenkellänge bei 1 Centim. Stärke mit einer horizontalen Blechplatte verbunden ist. Der so hergestellte Fuss des Binders ruht auf einer gusseisernen Unterlagsplatte, welche mit den Binderfüssen zusammen durch zwei Ankerbolzen von 1,25 Meter Länge und 2 Centim. Durchmesser mit der Umfassungsmauer des Schuppens verankert ist, wodurch ein etwaiges Abheben des Daches bei Stürmen verhütet wird. Die grossen eisernen Fenster sind in besonderen, an den senkrechten Winkeleisen des Binders befestigten Rahmen eingesetzt und reichen von dem Laufbrett bis zur Dachfläche.

Die untere Gurtung der Vordächer besteht aus 2 Winkeleisen von 4,5 × 0,7 Centim. Stärke, zwischen denen ein Flacheisen von 10,5 × 0,7 Centim. genietet ist, an welchem die 5,338 Meter freiliegenden Fetten aus **I**-Eisen nach Fig. 5 bis 7 befestigt sind. Die Neigung der Abdeckung der Vordächer ist gleich 1 : 4.

Auf den Giebel- und Brandmauern tritt an die Stelle des Binders ein Flacheisen von 10,5 Centim. Breite und 1,3 Centim. Dicke, welches auf die nach der Dachfläche abgeglichene Mauer aufgelegt und durch 6 Stück Steinschrauben befestigt ist. Dieses Flacheisen dient an dieser Stelle statt der Binder zur Aufnahme der beiden schrägen Winkeleisenpaare, welche die obere Gurtung der Vordächer bilden. Die untere Gurtung der Vordächer findet an den Giebel- und Brandmauern ihr Auflager direct in der Mauer und ist hier ebenfalls durch zwei Anker mit der Mauer verbunden.

Die Fetten des Hauptdaches bestehen aus einem Winkeleisen von 7,2 Centim. Schenkellänge bei 1 Centim. Stärke und sind die drei mittleren Fetten auf $^1/_3$ ihrer freitragenden Länge mit Streben aus je einem Winkeleisen von 5,2 × 0,7 Centim. Stärke gegen die untere Gurtung der Binder gestützt. Die Endfetten werden von je zwei **T**-Eisen, von 6 Centim. Flantschbreite und Steghöhe und 0,7 Centim. Stärke, welche zugleich die Fensterrahmen bilden, auf die Seitenmauer abgestützt. Die über je zwei Binderfelder reichenden Fetten sind an ihrem Stoss mittelst Stossplatten, deren Bolzenlöcher wegen der Längenänderung durch Temperaturänderung länglich gearbeitet sind, verbunden.

Zur Verhinderung der seitlichen Ausbiegungen der Binder sind unter der Dachfläche Diagonalbänder aus Flacheisen von 5,2 × 1 Centim. Stärke angebracht, deren Anordnung aus dem Grundrisse Fig. 3 zu ersehen ist.

Das Dachgerüst wurde von der Maschinenfabrik **F. Wöhlert** in Berlin ausgeführt und sind folgende Preise gezahlt:

pro 50 Kilogr.	Walzeisen		=	20,6 Mark
» » »	Gusseisen		=	9,9 »
» » »	Schraubenbolzen etc.	. .	=	30,0 »

Die Dachgerüste wiegen pro 1 □ Meter überdeckter Fläche 25,634 Kilogr. und kostete 1 □ Meter rot. 10,4 Mark.

Im Ganzen kosteten die eisernen Dächer incl. der Wellblechdeckung, der Dachrinnen, des Anstriches etc. pro 1 □ Meter Grundfläche 21,17 Mark, wenn die Vordächer mit zur bebauten Fläche gerechnet werden. Dagegen kosteten die fertigen Güterschuppen pro □ Meter der bebauten Fläche im Ganzen 65,85 Mark.

Bei Berechnung der Binder wurde angenommen:

a. als vertical **abwärts** wirkendes Eigengewicht des Daches:

1. Wellblech pro 1 □ Meter horizontal projectirter Dachfläche = 10,2 Kilogr., oder pro lfd. Centim. Binderlänge, der 5,338 Meter von Mitte zu Mitte entfernten Binder $\frac{10,2 \,.\, 5,338}{100}$ = 0,5445 Kilogr.

2. Gewicht der Dachconstructionen pro lfd. Centim. Binderlänge $\frac{25,634 \,.\, 5,338}{100}$ = 1,3683 »

zusammen = 1,9128 Kilogr.

oder rund = 2 Kilogr.;

b. für die temporär **abwärts** wirkende zufällige Belastung wurde angesetzt:

1. Winddruck pro 1 □ Meter = 15 Kilogr., oder pro lfd. Centim. Binderlänge $\frac{15 \,.\, 5,338}{100}$ = 0,8007 Kilogr.

2. Schneedruck pro 1 □ Meter = 71 Kilogr., oder pro lfd. Centim. Binderlänge $\frac{71 \,.\, 5,338}{100}$ = 3,7900 »

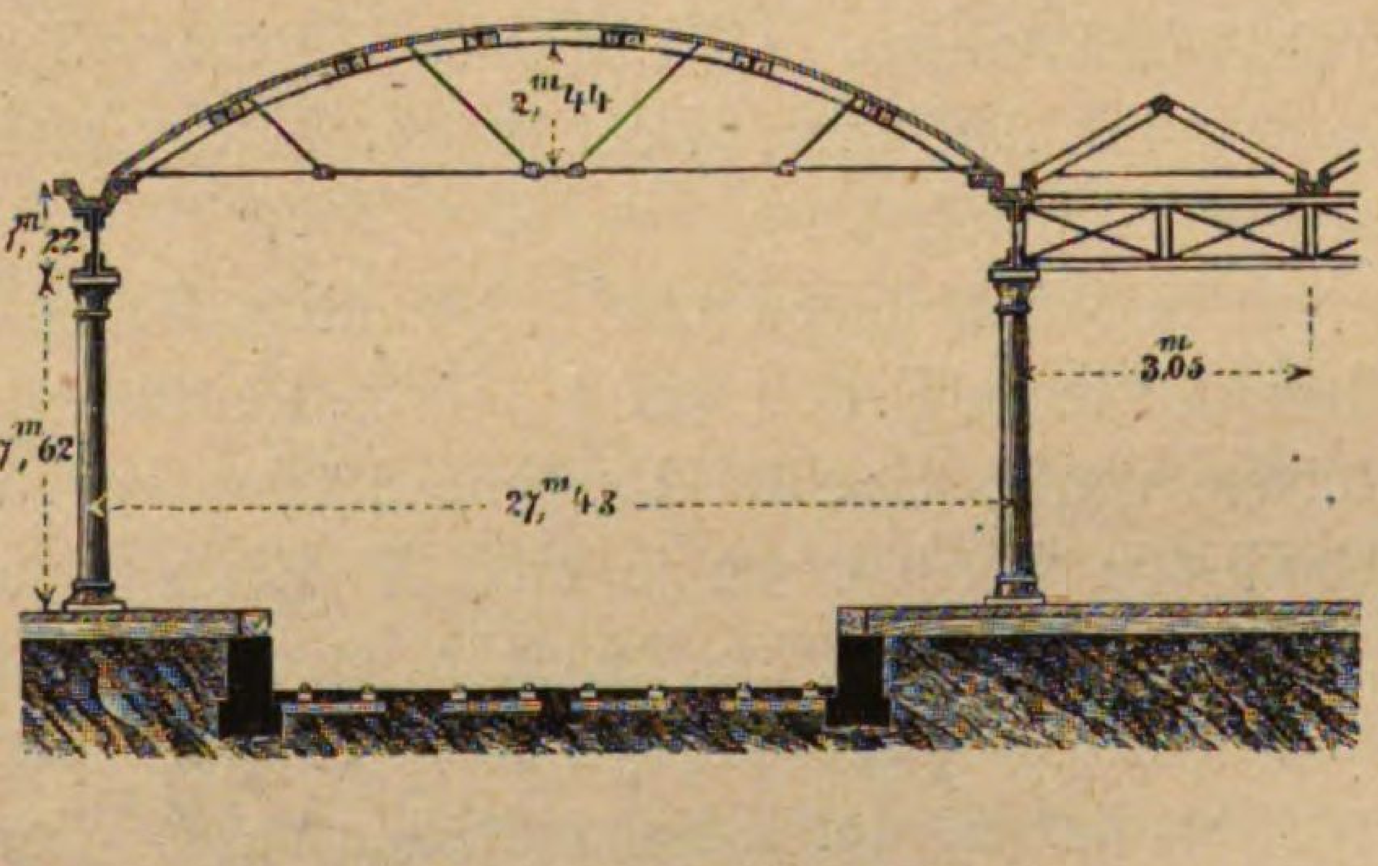
zusammen = 4,5907 Kilogr.

wofür in der Rechnung 4,7 Kilogr. angenommen sind;

c. in Bezug auf Abhebung durch Sturm sind für das Hauptdach 50 Kilogr., dagegen für das Vordach 100 Kilogr. pro 1 □ Meter als zufällige Belastung durch Winddruck angenommen. Dies macht für das Vordach pro lfd. Centimeter Binderlänge als vertical **aufwärts** wirkend $\frac{100 \,.\, 5,338}{100}$ 5,338 Kilogramm.

Nicht ohne Interesse wird es sein, wenn hier vergleichsweise nach dem vorstehend beschriebenen Dache eines deutschen Güterschuppens, ein solches mit gebogener Dachfläche von einem älteren englischen Güterschuppen*) angeführt wird. In Fig. 400 ist der Querschnitt der als Güterschuppen dienenden Halle von der Güterstation der **Great-Western-Bahn** zu Paddington im Westende von London, dargestellt. Die gusseisernen Säulen, über denen schmiedeeiserne Gitterträger liegen, welche das Dach tragen, stehen in der Längenrichtung der Halle in Entfernungen von ca. 12,2 Meter. Auf jede Säulenweite kommen 4 Binder, so dass deren mittlere Entfernung 3,05 Meter beträgt.

Fig. 400.



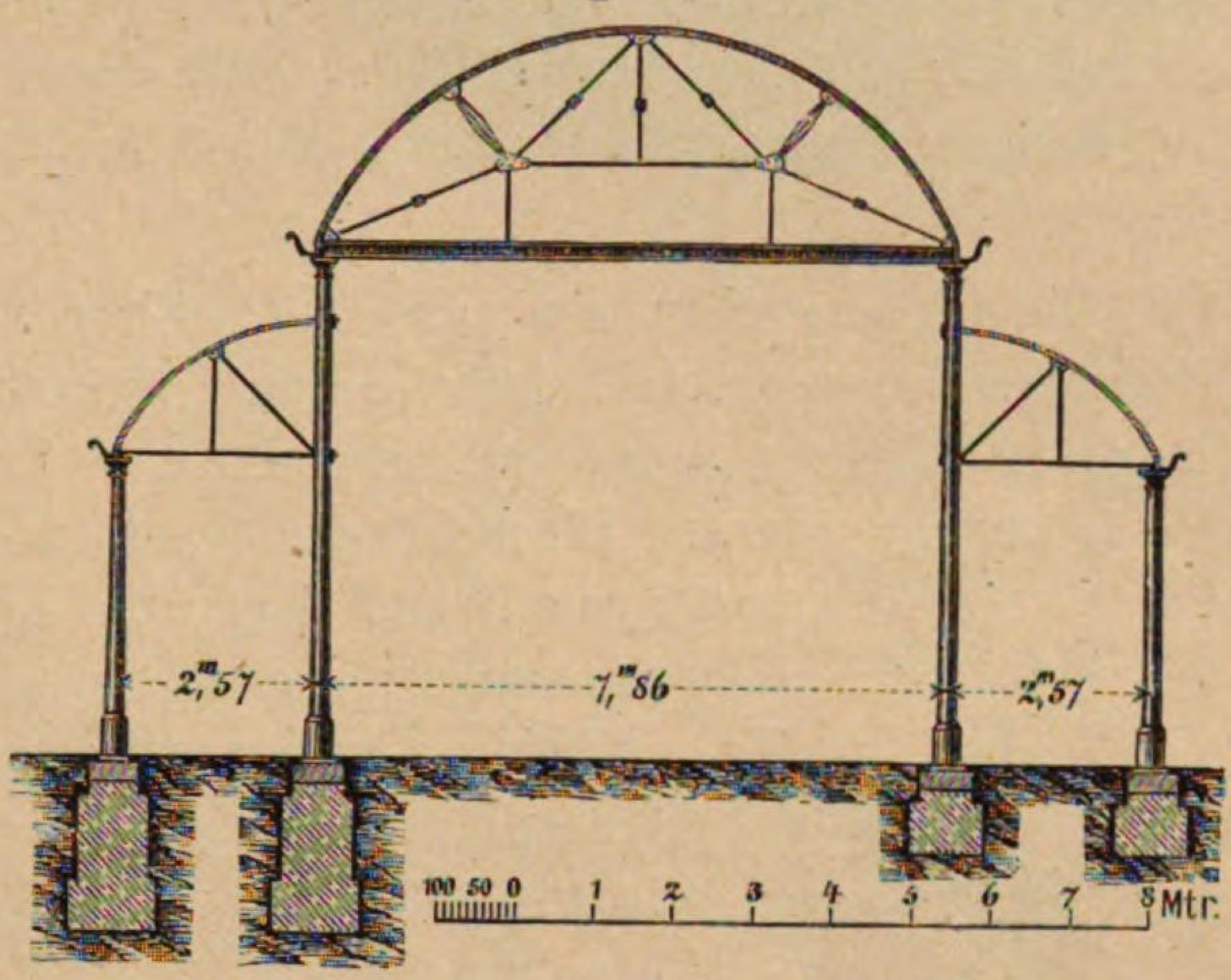
Die gekrümmte Gurtung der Binder, sowie auch die Fetten, sind aus T-Eisen von 13 Centim. Flantschbreite und 10,5 Centim. Höhe hergestellt, während die horizontalen Zugstangen aus Rundeisen von 2;5 Centim., die schrägen Zugstangen aus Rundeisen von 1,3 Centim. Durchmesser bestehen. Die horizontale Zugstange läuft nicht von einem Auflager des Binders bis zum andern in einer Länge durch, sondern es befinden sich an den Stellen, wo die schrägen Zugstangen mit der horizontalen verbunden sind, bewegliche Knotenpunkte. Das verzinkte Eisenwellblech der Dacheindeckung besteht aus Tafeln von 2,44 Meter Länge und 91,4 Centim. Breite, welche sich etwa 10 Centim überdecken und mit einander vernietet sind; hierdurch ist schon eine grosse Steifigkeit der Dacheindeckung erzielt und die Binder konnten desshalb verhältnissmässig schwach gehalten werden. Sowohl die Binder wie die Dacheindeckung sind auf den gusseisernen Dachrinnen befestigt, die auf den Gitterträgern ruhen, welche die Dachlast auf die gusseisernen Säulen übertragen. Die letzteren dienen auch als Abfallrohre für das Regenwasser.

*) Ueber die verschiedenartige Anlage und Einrichtung der deutschen und englischen Güterschuppen findet man Näheres in dem sehr populären Werke des Herrn Hofraths **M. M. Freiherrn von Weber** in Wien »Die Schule des Eisenbahnwesens« S. 148—150.

An die eben beschriebene Halle schliesst sich ein Raum an, der mit vielen schmalen Glasdächern von nur ca. 3 Meter Spannweite überdeckt ist. Die Säulen, welche diese Dächer tragen, stehen sowohl in der Länge wie in der Breite ca. 12,2 Meter von einander entfernt, und sind in beiden Richtungen durch schmiedeeiserne Gitterträger mit einander verbunden. Diese tragen die hölzernen mit Blech ausgefütterten Dachrinnen, die zwischen je zwei Träger durch ein Hängewerk gestützt werden.

In manchen Fällen lässt man bei Dacheindeckungen mit eisernem Wellblech die Dachbinder ganz fehlen, wie dies z. B. bei der Ueberdachung eines Kohlenförderschachtes bei Saarbrücken Fig. 401 geschehen ist. Diese sog. **bombirten** Dächer sind bogenförmig gestaltet und werden die Wellblechtafeln von dem **Dillinger-Hüttenwerke** bei Dillingen a/Saar nach jedem beliebigen Radius zwischen 2 und 14 Meter fertig bombirt geliefert.

Fig. 401.



Die beiden mittleren gusseisernen Säulen Fig. 401 sind oben durch einen gewalzten **I**-Träger mit einander verbunden, das darüber liegende bombirte Dach von ca. 4,5 Meter Radius wird nach Art der einfachen Polonceau'schen Binder durch schwache Zugstangen und Stützen zusammengehalten, wobei die Blechstücke, welche die Stangen aufnehmen, direct an die Wellbleche genietet werden. Die letzteren greifen übereinander und sind ebenfalls mit einander vernietet, sodass das ganze Dach ein Tonnengewölbe bildet. Die Nietstellen werden zur Vermeidung des Rostens entweder noch mit Zinn verlöthet, oder mit Streifen Zinkblech überdeckt, die an dem verzinkten Wellblech mittelst Löthung zu befestigen sind. Damit das Dach durch Winddruck nicht abgehoben werden kann, sind sowohl die Enden der Zugstangen, wie auch die Knotenpunkte derselben an dem Querträger befestigt und sind sämmtliche Zugstangen in ihrer Mitte mit einer verstellbaren Schraubenkuppelung versehen, wodurch die erforderliche Spannung in der Gewölbeform ermöglicht wird. Zu beiden Seiten des Hauptschiffes Fig. 401 werden durch kürzere Säulen noch Seitenschiffe gebildet, die auch mit bombirten Wellblechen überdeckt wurden.

Blatt 9, Fig. 1 bis 7 stellt einen Dachbinder von 30,44 Meter Spannweite dar, der von **Schwedler** über dem Retortenhause der städtischen Gasanstalt*) zu Berlin ausgeführt ist. Die Binderentfernung richtet sich nach der Fenstertheilung des Gebäudes, denn es sind die Mitten der Fensterpfeiler als Stützpunkte der Binder angenommen, diese Entfernung von Mitte zu Mitte beträgt hier 3,89 Meter.

Die Dachflächen sind aus hölzernen Sparren gebildet, die in gewöhnlicher Weise gelattet und mit Ziegel als Krondach eingedeckt wurden. Die hölzernen Sparren von 15,6 Centim. Höhe und 10,5 Centim. Breite, liegen auf Fetten aus **I**-förmigem Walzeisen, die 15 Centim hoch, 8,2 Centim. breit und 1 Centim. im Steg und in den Flantschen stark sind. Diese laufen continuirlich über die Binder fort und liegen die Stossverbindungen in ca. 84 Centim. Abstand von den Bindern, durch welche Anordnung die Biegungsmomente **zwischen** den Auflagern der Fetten und **über** denselben ziemlich gleich gross werden, wodurch also die Tragfähigkeit der Fetten möglichst ausgenutzt ist. Die Stoss-

*) Ausführlich mitgetheilt von dem Herrn Geheimen Baurath **J. W. Schwedler** in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1869. S. 65.

platten von 13 Centim. Länge und 11,8 Centim Höhe, werden an jeder Seite der Stossfuge von 2 Stück 2 Centim. starken Schrauben festgehalten. Wegen der grossen Länge der hölzernen Sparren konnten dieselben nicht in einer Länge ausgeführt werden; sie sind daher in 2 Theilen so auf die Fetten gelegt, dass die oberen resp. unteren Enden derselben auf der Fette *g*, Fig. 1, dicht neben einander liegen; ihre Befestigung mittelst Hakennägel ist aus Fig. 6, **Blatt 9** zu ersehen. Für die statische Berechnung der Binder ist als Totalbelastung pro □ Meter Grundfläche 254 Kilogr., oder in jedem Fettenauflagerpunkte eine Belastung von 2500 Kilogr. und im Firste eine solche von 5000 Kilogr. zu Grunde gelegt; hiernach sind die in Fig. 1, **Blatt 9** in Kilogr. eingeschriebenen Spannungen von **Schwedler** ermittelt. Die Querschnittabmessungen wurden derartig gewählt, dass die Anstrengung des Schmiedeeisens 730 Kilogr. pro □ Centim. nicht überschreitet. Das Eisen der Dachconstruction wiegt pro Binder 5375 Kilogr. und pro □ Meter überdeckter Fläche 44,2 Kilogr.; bei einem anderen ähnlich construirten Dache von 20,72 Meter Spannweite wogen die Eisentheile pro □ Meter überdeckter Grundfläche 35,5 Kilogramm.

Die Binderstreben sind aus 2 ⊏-Eisen von 15,2 Centim. Höhe und à 6,2 Centim. Breite zusammengesetzt, derartig, dass zwischen den beiden ⊏-Eisen, deren verticalen Stege je 8 Millim., deren Flantschen aber 11 Millim. Stärke haben, ein Spielraum für die 2 Centim. starken Blecheinlagen gelassen wurde. Jede Strebe ist in 3 Längen hergestellt und liegen die Stossverbindungen auf der 2. und 4. Stütze von unten; eine Stossverbindung im Knotenpunkte *k* zeigt Fig. 402, wobei ausser der zwischenliegenden Blechplatte noch oben und unten Stossplatten angewendet sind. Der Knotenpunkt *g* des Binders ist in Fig. 391 dargestellt. Die Details der Knotenpunkte *a*, *b*, *c*, *d*, *e* geben die Fig. 2 bis 6, **Blatt 9**, wobei zu bemerken ist, dass die Nietgruppirung bei den aus 2 Flacheisen bestehenden Zugbändern so angeordnet ist, dass deren Querschnitt nur durch **ein** Nietloch geschwächt wird. Wegen der grossen Spannweite des Binders ist das eine Auflager beweglich construirt. Die **gedrückten** Stützen des Binders bestehen aus 2 ⊏-Eisen, die in bestimmten Abständen durch Zwischenlagen mit einander verbunden und deren Enden an Blechplatten angenietet sind; dagegen wurden die schwächeren **gezogenen** Constructionstheile aus Rundeisen construirt, um dem Rosten möglichst wenig Oberfläche zu bieten.

Fig. 402.

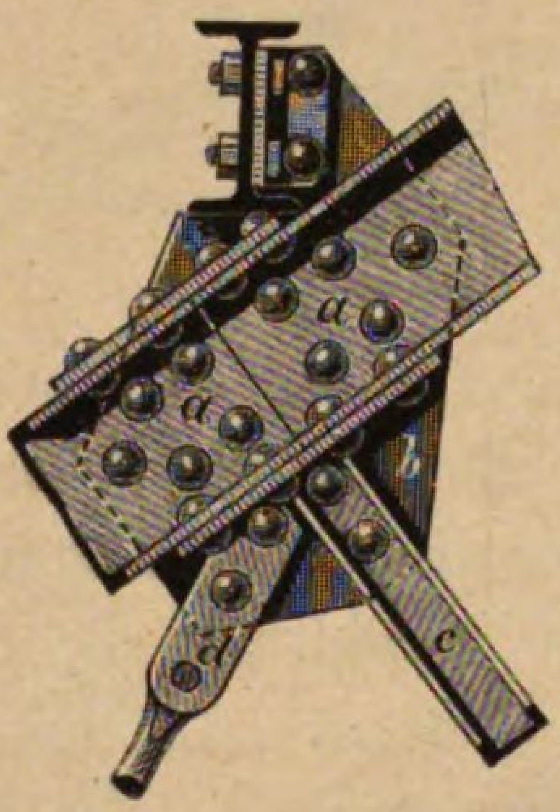
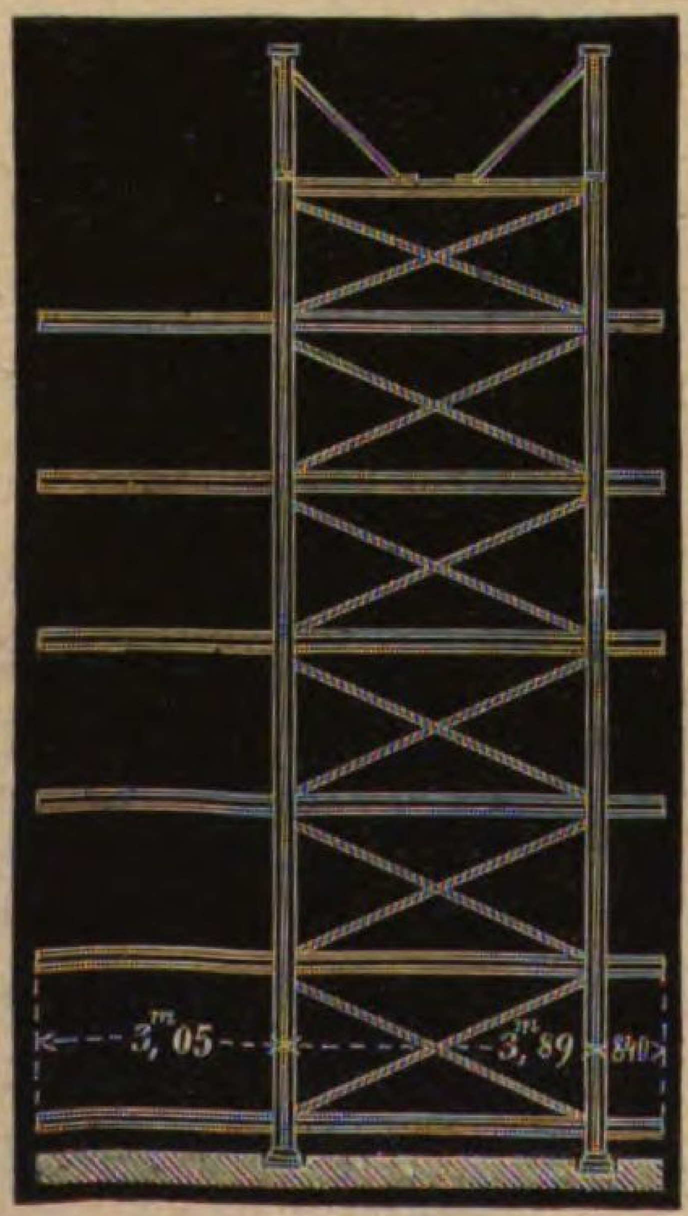
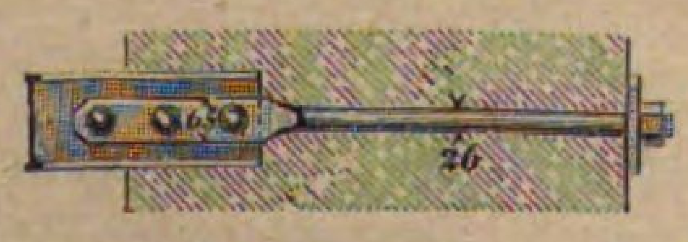


Fig. 403.



Wie Fig. 403 zeigt, bilden je 2 Binder ein fest untereinander verbundenes Paar, welches durch die Fetten und durch den in der Dachfläche liegenden Diagonalverband gegen seitliches Ausbiegen gesichert ist; auch die Länge der Fetten und die Lage ihrer Stossverbindung ist hieraus zu ersehen. An den Giebelmauern sind keine Binder vorhanden, hier liegen die Fetten nach Fig. 404 direct in der Mauer und sind mit derselben durch angenietete Anker verbunden.

Fig. 404.



Der als Luftöffnung dienende Aufbau im First des Daches ist ebenfalls mit Ziegel eingedeckt. Den First *h* dieses Aufbaues zeigt Fig. 405 a. f. S., wobei die $^{13}/_{21}$ Centim. starke hölzerne Firstfette auf einem 7 Millimeter dicken Flacheisen liegt, welches an beiden Seiten rechtwinklig umgebogen ist und von 2 Winkeleisenstützen *a* getragen wird. Diese haben 4,6 Centim. Schenkellänge und 7 Millim. Stärke; sie werden von den beiden aus Flacheisen von 46 × 13 Millim. Stärke bestehenden geneigten Zugbändern *c*, die mit je 2 Nieten von 1,3 Centim. Durchmesser

an den Winkeleisen befestigt sind, in der verticalen Stellung festgehalten. Den Knotenpunkt *i* des Binders Fig. 1, **Blatt 9** giebt Fig. 406. Die hier vorhandene hölzerne Fette *d* von $^{13}/_{21}$ Centim. liegt auf den beiden horizontalen Winkeleisen *b*, die von dem First des Binders ausgehen und deren Befestigung Fig. 2, **Blatt 9** zeigt. Zwischen diesen Winkeleisen, von 46 × 7 Centim. Schenkelabmessung, ist eine Blechplatte genietet, an der sowohl das geneigte Zugband *c* mit Doppellaschen, wie auch die beiden verticalen Flacheisen *a* von je 33 × 7 Millim. Stärke angenietet sind.

Fig. 405.

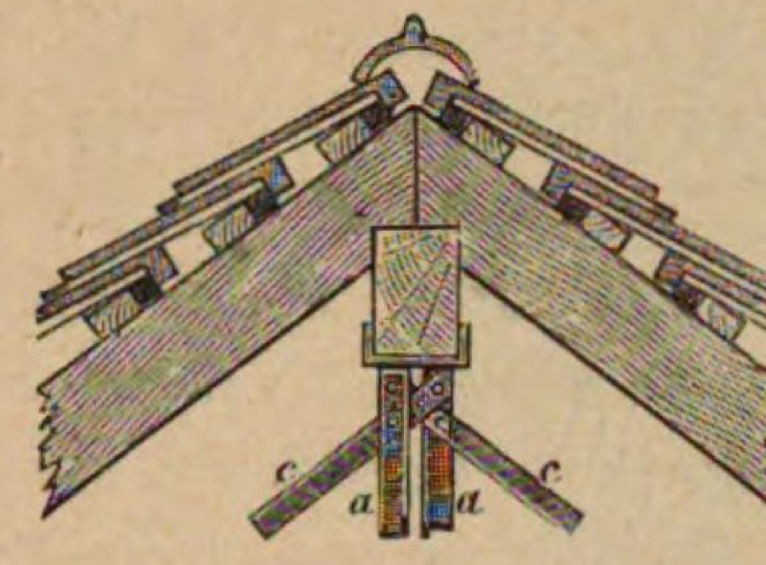
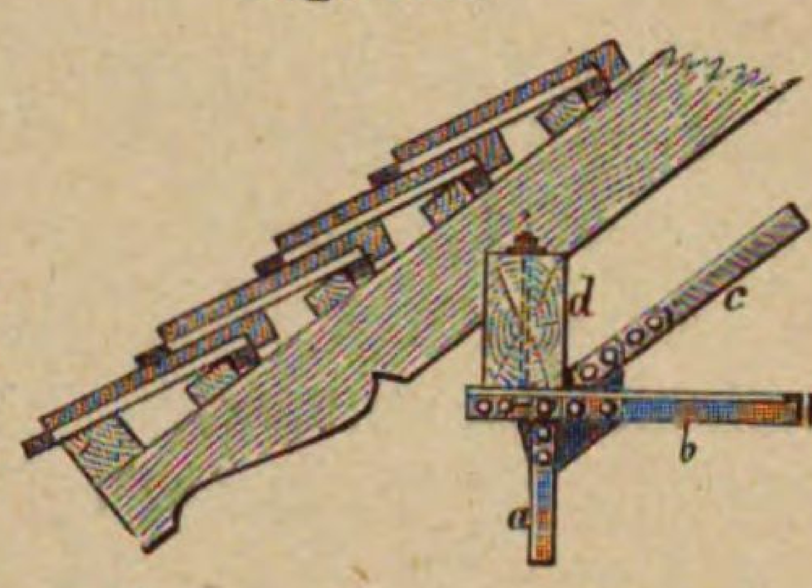


Fig. 406.



Bei einem anderen von **Schwedler** ausgeführten, mit Ziegel als Krondach eingedeckten Dache von 20,72 Meter Spannweite, dessen Binder *a*, wie aus dem theilweisen Grundrisse Fig. 407 hervorgeht, ebenfalls paarweise durch Diagonalverband zusammengehalten werden, liegen die Binder in 4,63 Meter Entfernung von Mitte zu Mitte. Ausser der untersten Fette *b* aus ⊏-Eisen, die zwischen 2 Binder noch auf der Mauer abgestützt ist, sind hier eigenthümlich construirte parabolische Fetten *c* von dreieckigem Querschnitte angewendet, weil die steile Dachneigung und die grosse Binderentfernung gewalzte **I**-Eisen als Fetten nicht vortheilhaft erscheinen liess. Der gewählte Querschnitt Fig. 408 ging aus der Nothwendigkeit hervor, die Fetten gegen den normal zur Dachfläche wirkenden Winddruck, der wegen der Steilheit des Daches nicht unbedeutend ist, hinreichend stabil zu machen, welche Aufgabe durch

Fig. 407.

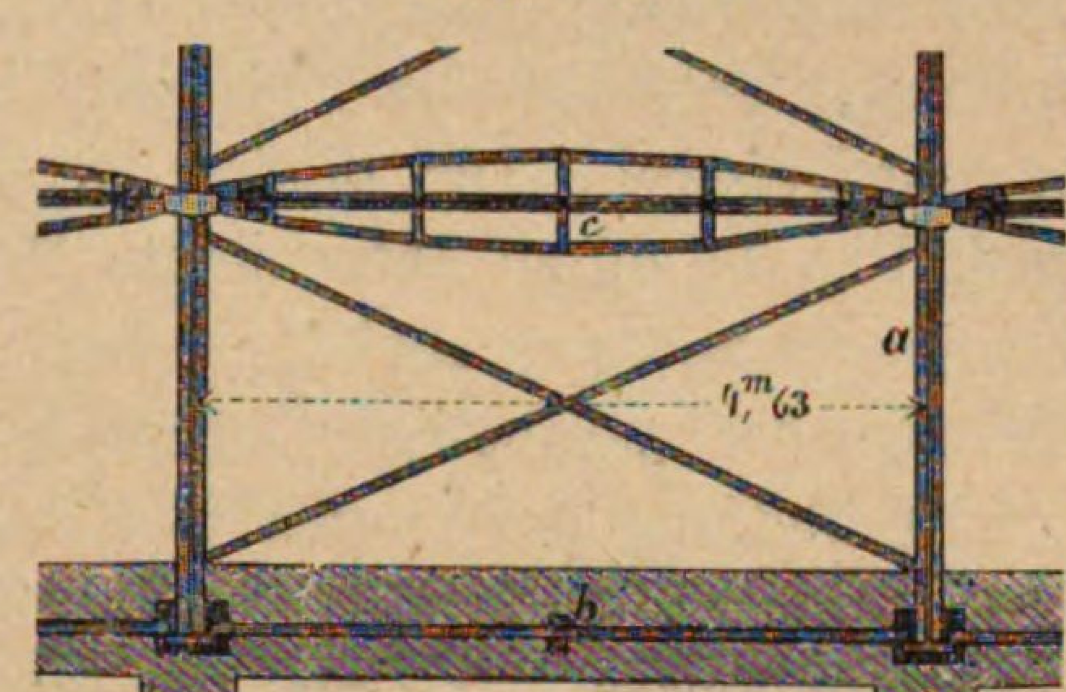


Fig. 408.

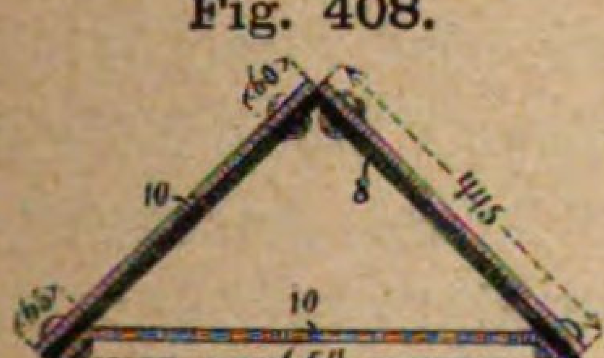


Fig. 409.



diese Querschnittform sehr gut gelöst ist. Wie aus der Ansicht der Fette Fig. 409 zu entnehmen ist, sind mit dem oberen Winkeleisen *a* die beiden unteren Flacheisen *b* durch die Blechstücke *c* und ausserdem durch die 5 Flacheisen *e* verbunden. Diagonalen wurden nicht angeordnet, da bei der starken Neigung und dem grossen Eigengewicht der Dachfläche auf eine ungleichförmige Belastung innerhalb der Fettenlänge nicht zu rechnen war. Die Verbindung der beiden rechtwinklig zueinander stehenden unteren Gurtungen der Fette wird durch die in Fig. 408 angedeuteten Flacheisen bewirkt. In Fig. 410 und 411 ist die Verbindung dieser Fetten mit der Binderstrebe dargestellt und zwar ist Fig. 411 der Schnitt nach *a b* Fig. 410. Hieraus ist ersichtlich, dass die eine der unteren Gurtungen der Fette parallel zur Dachfläche, die andere aber normal

Fig. 410.

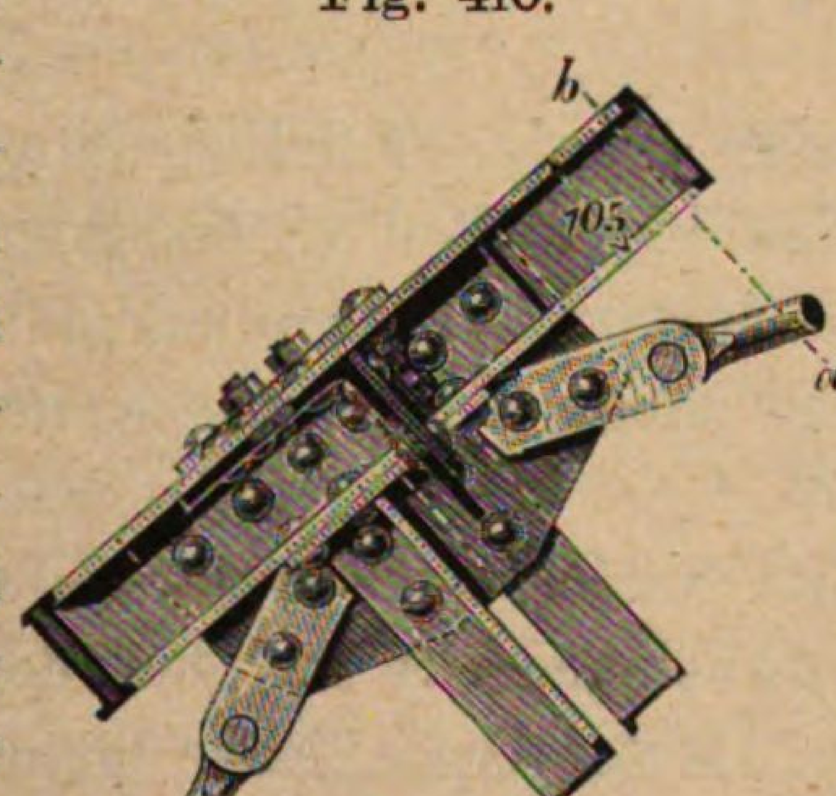
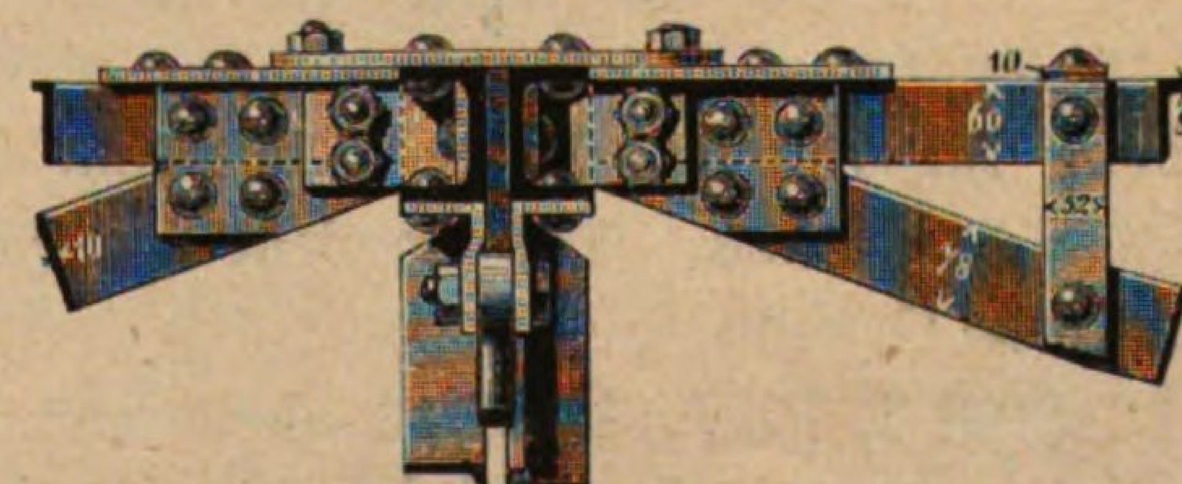


Fig. 411.

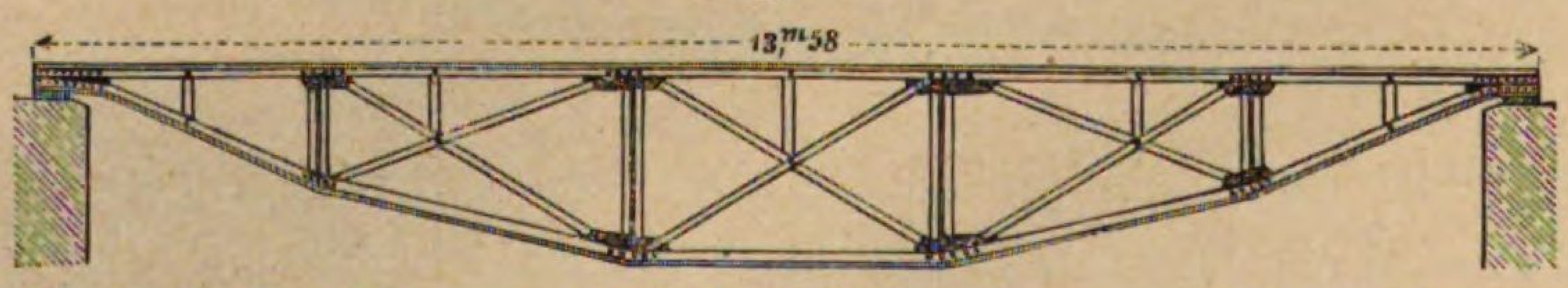


hierzu gerichtet ist. An einem Fettenende sind die Löcher für die Befestigungsschrauben länglich gearbeitet, damit die Fette ihre Länge der Temperatur entsprechend ändern kann.

Blatt 9, Fig. 8 bis 13 zeigt ein mit Zinkwellblech Nr. 14 eingedecktes Dach, ebenfalls von **Schwedler** construirt, über einen Raum von 21,02 Meter Tiefe und 12,55 Meter Länge, bei dem die Traufen, örtlicher Verhältnisse wegen, an die kürzeren Seiten des Gebäudes gelegt werden mussten. Um aber den Vortheil, den die Ueberdachung nach der kleineren Ausdehnung des Raumes gestattet hätte, nicht aufzugeben, ist der Raum durch 2 parabolische Hauptträger in 3 Theile zerlegt, so dass über den mittleren Theil ein Satteldach, über die beiden anderen Theile aber Pultdächer gebaut werden konnten. Die Binder der Pultdächer, in 2,824 Meter Entfernung von Mitte zu Mitte angeordnet, wurden als einfache Parabelbalken construirt, die mit einem Ende auf der Mauer aufliegen und mit dem andern Ende an den parabolischen Trägern *t* angenietet sind. Das Detail des Auflagers giebt Fig. 9 und ist in Fig. 10 der Knotenpunkt *k* zwischen Binder und Parabelträger dargestellt. Hieraus erhellt, dass die obere Gurtung aus einem T-Eisen, die untere aus einem Flacheisen, dagegen die Gitterstäbe aus doppelten Flacheisen gebildet sind. Durch diese Anordnung lassen sich leicht belastete Träger mit **weniger** Materialaufwand construiren, als wenn die gedrückte Gurtung aus 2 Winkeleisen mit einfachen Gitterstäben hergestellt wird. Die Binder der Satteldächer bestehen aus 2 Parabelbalken, die im First nach Fig. 11 durch aufgenietete Deckplatten vereinigt, am Fusse durch eine horizontale Zugstange zusammengehalten und mit doppelten Winkellaschen auf der oberen horizontalen Gurtung der parabolischen Hauptträger *t* vernietet sind; sie dienen daher auch zugleich zur Aussteifung der oberen Gurtung der Hauptträger gegen seitliches Ausbiegen. Fig. 12 und 13 zeigt die Verbindung der Fetten mit der oberen Gurtung der Binder, sowie den Stoss der Fetten. Wegen der geringen Länge des Daches ist auf Längenänderung der Fetten durch die Temperatur keine Rücksicht genommen, sondern es sind alle Fetten continuirlich vernietet, wodurch ein Diagonalverband entbehrlich wurde.

In Fig. 412 ist die Construction der Hauptträger *t* angedeutet, an deren Verticalen die Binder der Pultdächer angenietet sind und auf deren oberen Knotenpunkte die Binder des Satteldaches ruhen. Ober- und Untergurt dieser Träger besteht aus je 2 Winkeleisen, deren Schenkel 78 $\times$ 10 Millim. Stärke haben. An den Trägerenden sind diese Winkeleisenpaare an 52 Centim. lange und 1 Centim. dicke Blechplatten mit je 8 Stück 2 Centim. starken Nieten gemeinschaftlich befestigt. Diese Auflager ruhen auf 2,5 Centim. hohen gusseisernen Unterlagplatten, welche mit der Mauer durch 2 Stück 2 Centim. starke Schraubenbolzen verankert sind. Die Höhe des Trägers in den Verticalen beträgt 1,099 resp. 1,778 Meter und bestehen die Verticalen aus 2 Winkeleisen von 52 $\times$ 7 Millim. Schenkelstärke, die Diagonalen aus je einem Flacheisen von 65 $\times$ 10 Millim.; jedes Winkeleisen und jedes Flacheisen ist mit 2 Nieten an den Blechplatten der Knotenpunkte angenietet.

Fig. 412.



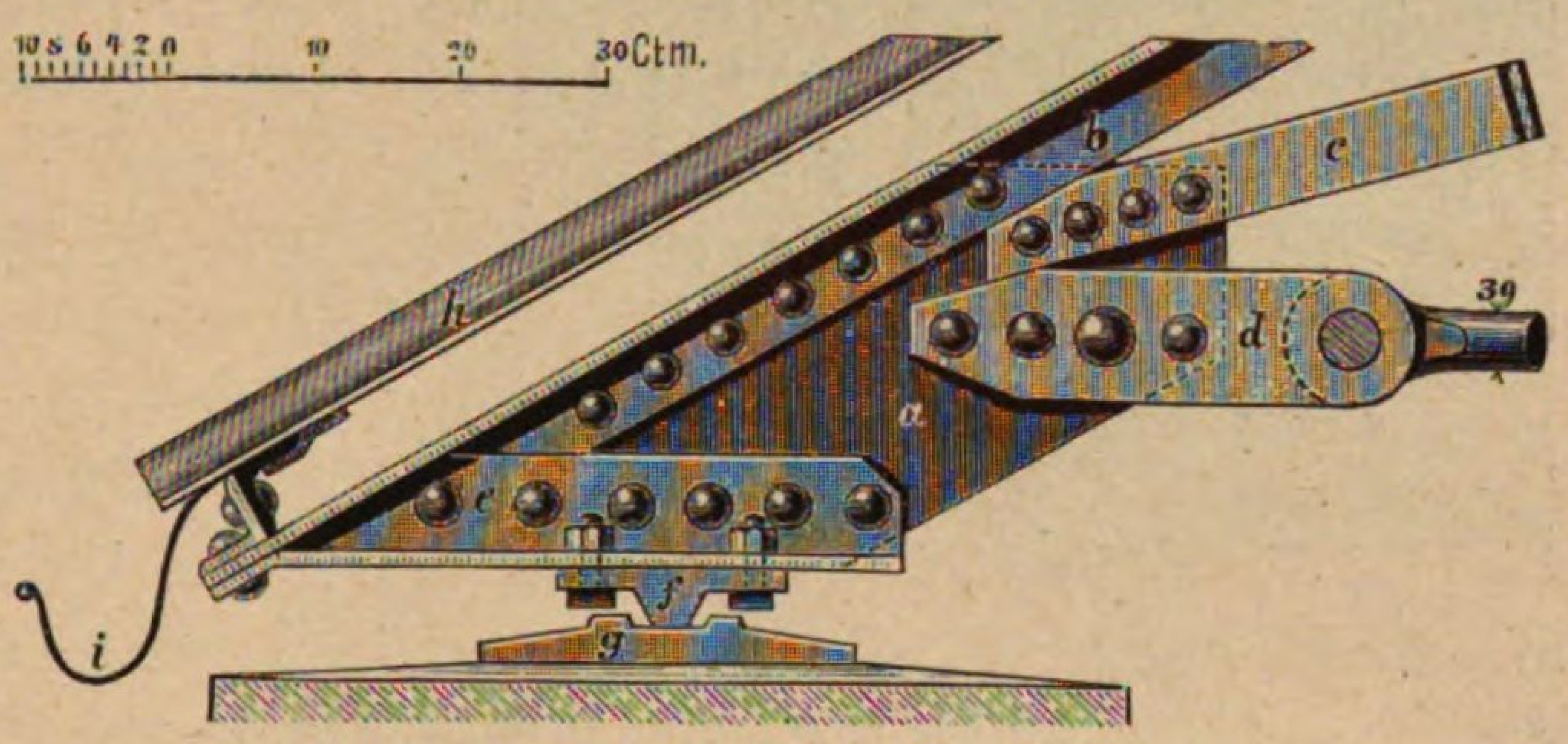
Zur Berechnung dieser Dachconstruction ist eine Totalbelastung von 152 Kilogr. pro □Meter Grundfläche angenommen und sind hiernach die Abmessungen der Constructionstheile für 730 Kilogr. pro □Centim. als Maximal-Inanspruchnahme des Schmiedeeisens ermittelt worden. Das Gewicht des Eisens dieses Dachgerüstes beträgt 24,1 Kilogr. pro □Meter Grundfläche.

Blatt 9, Fig. 14 bis 18 giebt noch den Binder eines anderen **Schwedler**'schen Daches, welches ebenfalls mit Zinkwellblech Nr. 14 eingedeckt ist, bei dessen Berechnung auch eine Totalbelastung von 152 Kilogr. pro □Meter Grundfläche angenommen wurde. Für die Hauptknotenpunkte der 2,824 Meter von Mitte zu Mitte entfernt liegenden Binder ergiebt dies eine Belastung: im First = 2000 Kilogr., im ersten Knotenpunkte vom First = 1750 Kilogr. und im zweiten Knotenpunkte = 2000 Kilogr., welche Belastungen eine

Reaction jedes Auflagers = 4750 Kilogr. hervorrufen. Bei dieser, sowie bei einer ähnlichen Dachconstruction nach dem Binderschema Fig. 379 von 18,7 Meter Spannweite zwischen den Auflagermitten, wiegt das eiserne Dachgerüst 26,9 Kilogr. pro □Meter Grundfläche.

Das Auflager des letzteren Binders ist in Fig. 413 dargestellt. An der 13 Millim. starken Blechplatte *a* ist sowohl das Winkeleisenpaar *b* der oberen Bindergurtung von 59 × 8 Millim. Schenkelstärke, wie auch das Flacheisenpaar *c* der Untergurtung von den parabolischen Zwischenträgern, à 52 × 6 Millim. stark, mit 13 Millim. starken Nieten angenietet. Zur Befestigung der beiden Flacheisen *d*, von je 91 × 7 Millim. Stärke, dienen 3 Nieten von 20 Millim. und 1 Niet von 26 Millim. Durchmesser. Den Fuss des Binders bilden 2 Winkeleisen *e*, deren Schenkel 78 × 10 Millim. stark, von 6 Stück 20 Millim. starken Nieten gehalten werden. Des geringen Auflagerdruckes wegen haben diese Binder keine Rolllager erhalten, damit aber ohne grosse Reibung eine Verschiebung des Auflagers ermöglicht wird, sind unter demselben gerade gehobelte Lager *f* von 26 Centim. Breite angebracht, die in den Unterlagen *g* gleiten; diese letzteren sind 26 Centim. lang und breit. Die Zinkblecheindeckung *h* ruht auf Fetten aus Winkeleisen von 56 × 6 Millim. Schenkelstärke, die in Entfernungen von 90 Centim. angebracht sind; hiernach ist die Theilung der Gitterstäbe in den parabolischen Zwischenträgern bestimmt. Von der untersten Fette wird auch die Regenrinne *i* getragen.

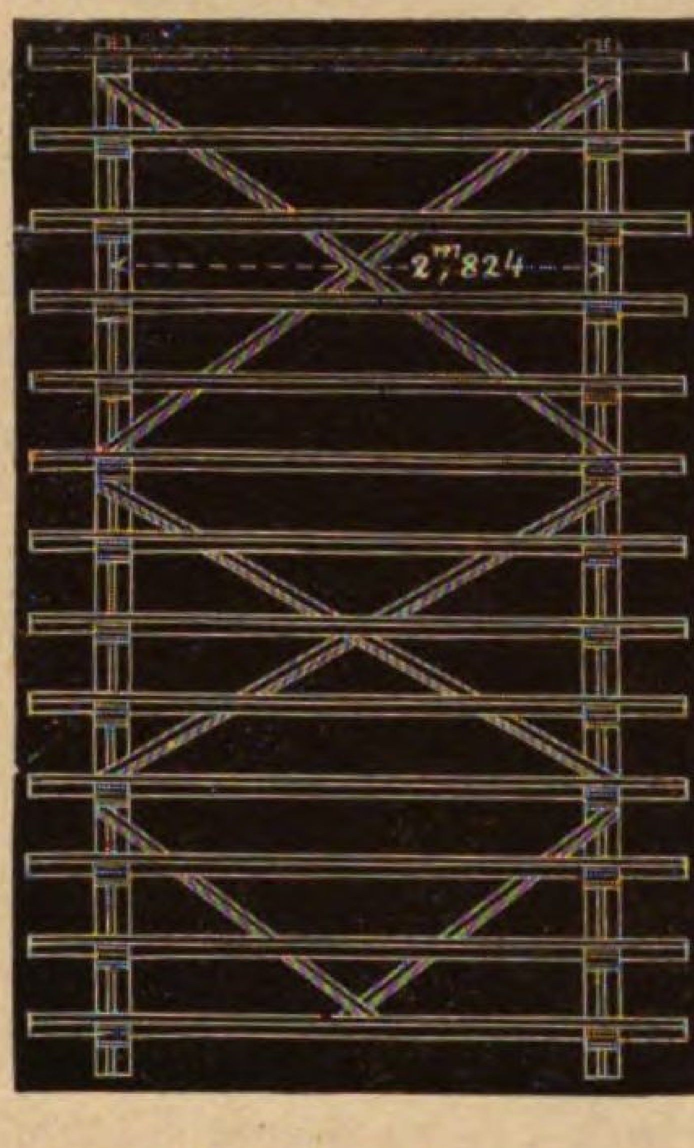
Fig. 413.



Die Eisenstärken der oberen Gurtung des Binders Fig. 14, **Blatt 9**, sind denjenigen des vorhergehendeu Binders gleich; es unterscheidet sich diese Construction von der zuletzt beschriebenen aber dadurch, dass von dem unteren Hauptknotenpunkte *C* aus 2 Stützen *D* und *E* gegen die obere Bindergurtung geführt sind, wodurch ausser den beiden parabolischen Zwischenträgern noch ein dritter Zwischenträger angeordnet werden konnte, doch musste dieser, wegen der höher liegenden Dachrinne, **über** die obere Bindergurtung gelegt werden, wodurch die Aussteifung dieser Gurtung gegen seitliches Ausweichen nicht so vollkommen erreicht werden konnte, als wenn dieselbe in der Dachfläche liegt. Diese Gurtung wird daher noch zweckmässig gegen die Fetten abgesteift. Unter dem Auflager *B*, dessen Detail Fig. 16 darstellt, ist eine Platte angenietet, in der sich 4 Stellschrauben befinden, die unten abgerundet sind und in entsprechende Nuten der Auflagerplatte eingreifen und hierin geführt werden. Diese Stellschrauben ermöglichen eine gleichmässige Druckvertheilung und werden desshalb erforderlich, weil eine Querverbindung der Binder durch Fetten über den Auflagern nicht angebracht werden konnte. Das Detail des Hauptknotenpunktes *C* der Zugstangen giebt Fig. 17 in der Ansicht und im Grundrisse. Fig. 18 zeigt den Querschnitt der Stützen an den Stellen *D* und *E*; diese bestehen aus 2 Winkeleisen von je 52 × 7 Millim. Schenkelstärke, welche an 13 Millim. starke Blechplatten angenietet sind. Da aber der Raum zwischen den beiden Charnierblechen des Knotenpunktes 26 Millim. beträgt, so wurden neben den Winkeleisen noch Flacheisen gelegt, die mit den mittleren zusammengenommen 26 Millim. Stärke haben. Wie das in **Blatt 9**, Fig. 15 dargestellte Detail des Firstknotenpunktes *A* zeigt, ist die Firststossplatte in 2 Hälften zerlegt, damit vor der Aufstellung jede Binderhälfte für sich fertig genietet werden konnte, die dann nach der Aufstellung durch besondere Deckplatten mit einander verbunden sind. Die theilweise Ansicht eines Binderpaares und die Vereinigung derselben durch den Diagnonalverband, ist in Fig. 414 a. f. S. angedeutet. Die schwache Stange *s*, Fig. 14, die an dem oberen Knotenpunkte der Stütze *E* aufgehängt und durch die untere

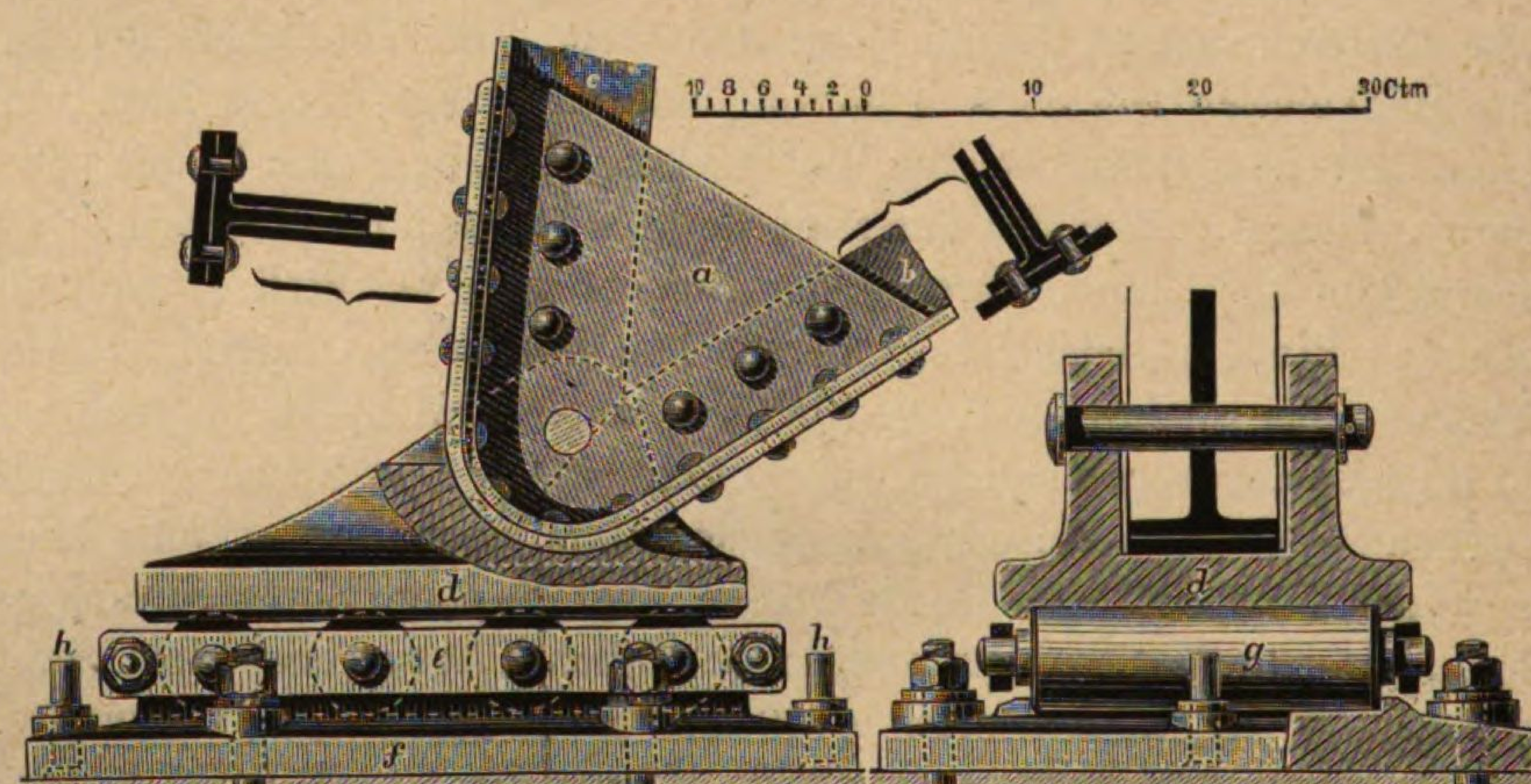
Zugstange hindurchgeführt ist, gehört nicht zu der eigentlichen Binderconstruction, sondern dieselbe dient zur Aufhängung eines an der Mauer befestigten Laufganges.

Fig. 414.



Blatt 9, Fig. 19 zeigt den Binder des mit verzinktem Eisenwellblech eingedeckten Daches über dem Ofengebäude der Kaiserl. **Porzellan-Manufactur***) zu Berlin. Auf den 3,5 Meter von Mitte zu Mitte entfernten Bindern liegen Fetten aus Winkeleisen, die in ähnlicher Weise, wie die auf **Blatt 7**, Fig. 10 dargestellten armirt sind, und deren ganze Höhe in der Mitte ca. 35 Centim. beträgt. An einer Seite hat jeder Binder ein Rolllager erhalten, dessen Details Fig. 415 veranschaulicht. Die Blechplatten *a* decken die in einen Punkt zusammengezogene Untergurtung *b* und Obergurtung *c*, die beide aus **T**-Eisen bestehen, welches durch ein umgelegtes Flacheisen gedeckt ist. Die so gebildete abgerundete Ecke ruht in dem gusseisernen Unterlager *d*, in dem es um einen Bolzen drehbar ist, damit der Binder sich bei der Belastung ungehindert durchbiegen kann. Das in der Ansicht theilweise abgebrochen gezeichnete Unterlager *d* liegt auf 4 Walzen *g*, die in schmiedeeisernen Rahmstücken *e* geführt werden. Sowohl die auf der Mauer mit 4 Ankern befestigte Platte *f*, wie auch das Lager *d* haben angegossene Seitenrippen, zwischen denen die Walzen liegen, welche hierdurch die seitliche Verschiebung des Binders

Fig. 415.



verhindern. Zur Begrenzung der Walzenbewegung dienen die in der Platte *f* eingenieteten Stifte *h*. Andere Rolllager sind in Fig. 188 bis 191 dargestellt.

In dem Ofengebäude musste für gute Ventilation gesorgt werden, da durch den continuirlichen Betrieb der Porzellanöfen viel Wärme ausgestrahlt wird. Es ist daher in der Mitte des Daches eine sogenannte Laterne angebracht, die zu beiden Seiten verschliessbare Luftklappen hat, welche von der Laufbrücke *a* aus geöffnet werden können, wodurch eine sehr gute Ventilation erzielt wird. Zur besseren Beleuchtung des mittleren Ofenganges ist die Laterne zum Theil mit Rohglas eingedeckt. Die an den Bindern aufgehängten Röhren dienen zur Rauchabführung, das Rohr *c* zum Betrieb der Porzellanöfen. Die Knotenpunkte *d* und *e* des Binders sind in Fig. 416 a. f. S. wiedergegeben, während aus Fig. 417 a. f. S. die Seitenansicht der Ventilationsklappen ersichtlich ist. Zwischen den doppelten halbrund geschnittenen Blechplatten *d*, Fig. 416, ist die aus **T**-Eisen bestehende mit einem breiteren Flacheisen verstärkte obere Bindergurtung *a*, wie auch die

*) Dieselbe ist von dem Director Herrn Geheimen Regierungsrath **Möller** erbaut und ausführlich mitgetheilt in Erbkam's Zeitschr. für Bauwesen 1873. S. 270.

Diagonale *b* und die Verticale *c* festgenietet. Ein anderes Blech, vermittelst Winkeleisen auf dem Bindergurte festgenietet, nimmt die Winkel *g* auf, zwischen denen das T-Eisen *f* befestigt ist. Vor diesem Winkeleisen ist ein breites Blech angebracht, welches im Winkel gebogen bis unter die Wellblecheindeckung *p* reicht. Diese sowohl wie auch das in der ganzen Länge durchlaufende Winkeleisen *r* verhindern das Eindringen des Regens

Fig. 416.

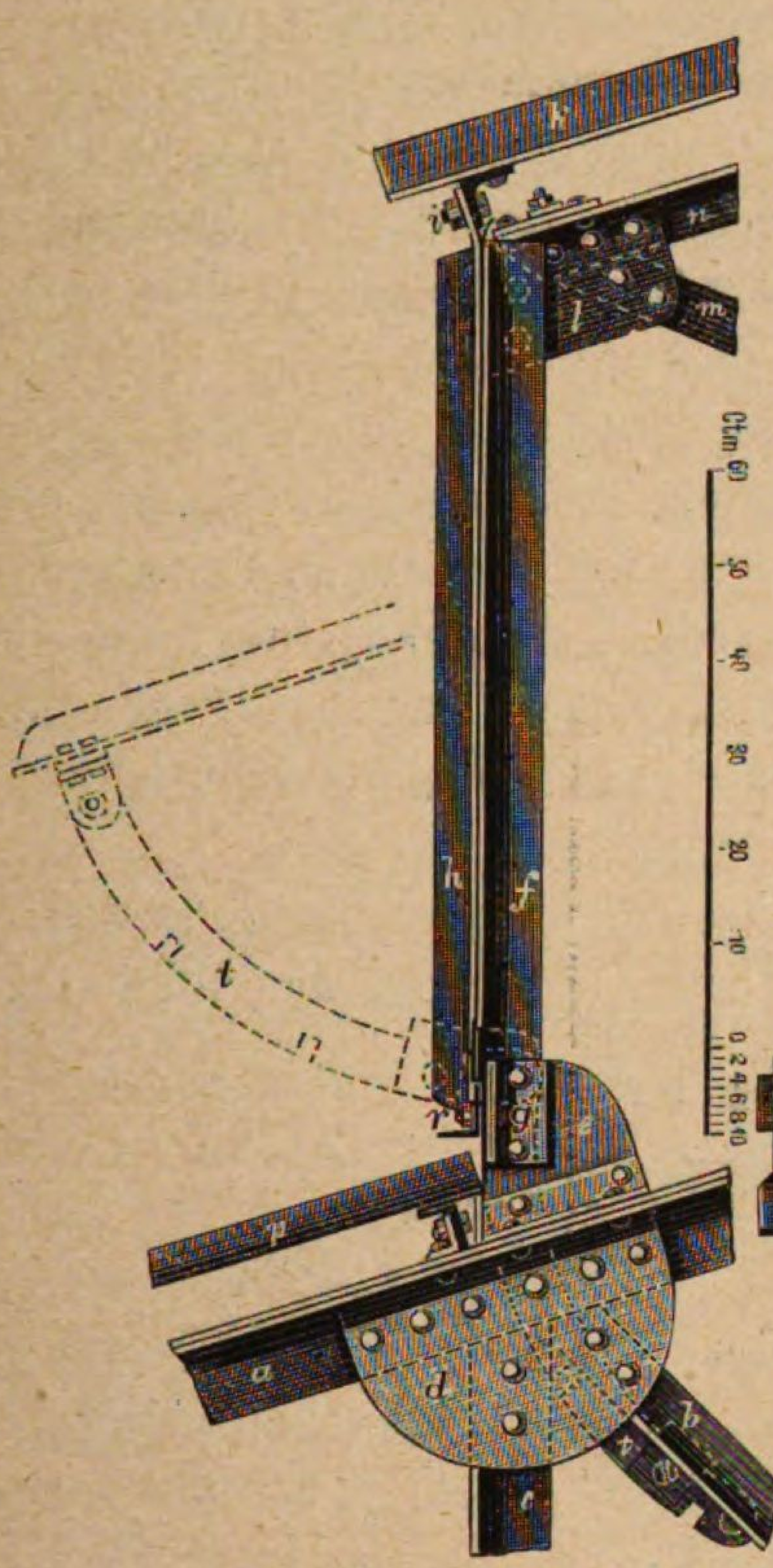
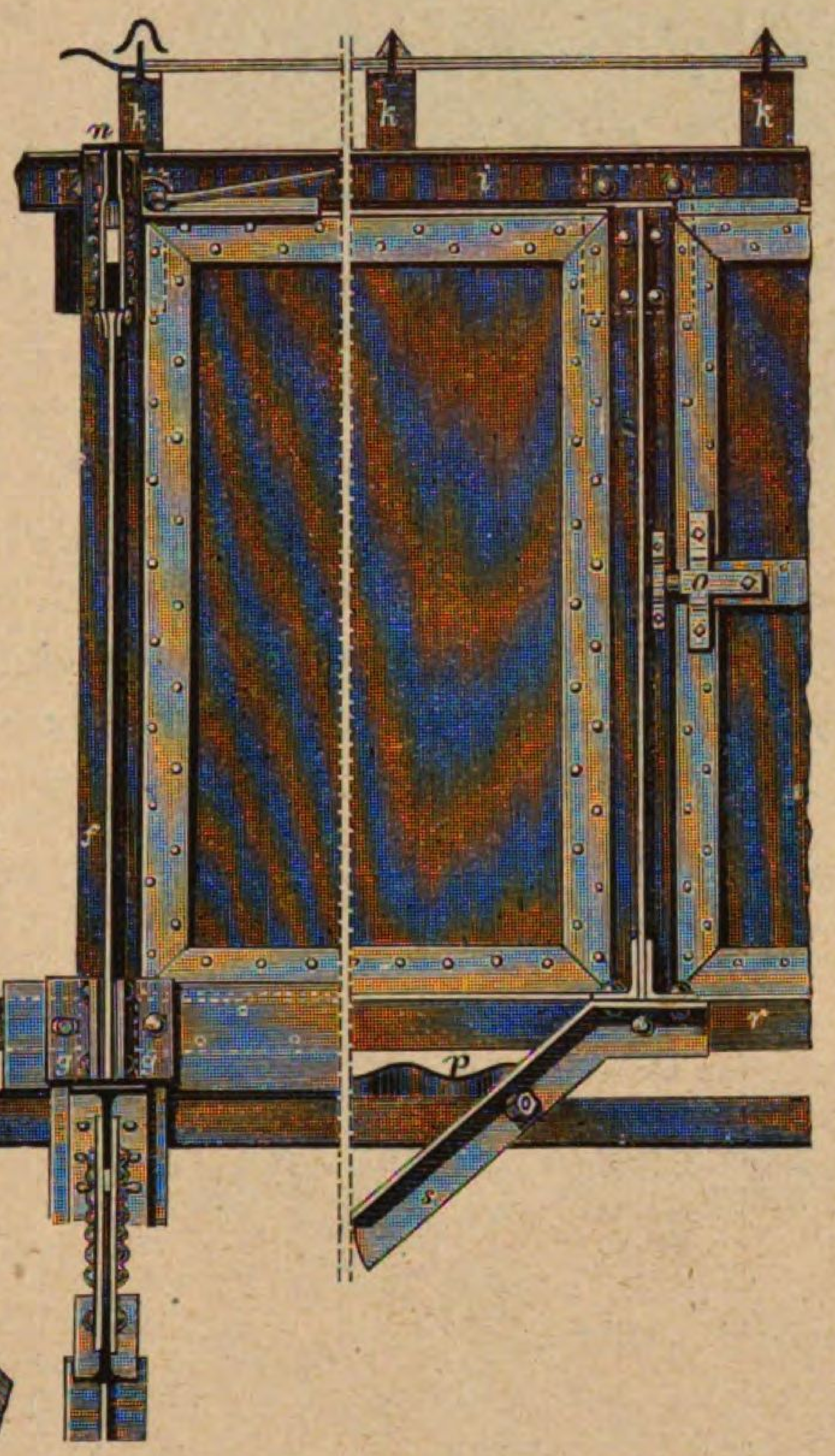


Fig. 417.



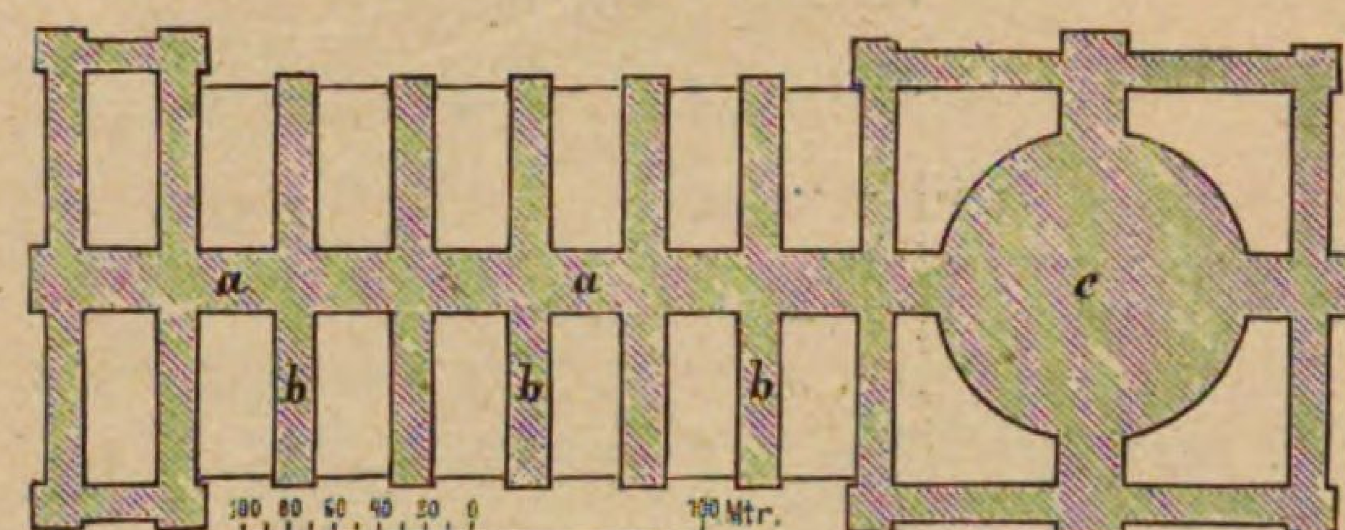
oberhalb des Wellbleches *p*. Das T-Eisen *h*, mit *f* verbunden, trägt an seinem oberen Ende, von dem der Steg abgehauen ist, die Fette *i*, auf der die ⊥-Eisen *k* ruhen. Diese letzteren sind theils mit Wellblech, theils mit Rohglas eingedeckt, wie dies in Fig. 417 angedeutet ist. An den Blechplatten *l* ist das T-Eisen *n*, die obere Gurtung der Laterne und das Flacheisen *m* angenietet, welches den Knotenpunkt mit dem First des Binders verbindet. Die Ventilationsklappen drehen sich um den Zapfen *o* und nehmen beim Oeffnen die in Fig. 416 angedeutete Stellung an, wobei der zum Oeffnen dienende Arm *t*, der mit mehreren Einschnitten versehen ist, verschiedene Oeffnungsgrade gestattet. Auch die Lage des Armes *t*, wenn die Klappen geschlossen sind, zeigt Fig. 416. Der obere Theil der Laterne wurde durch diagonale Zugstangen aus Rundeisen gegen Verschiebung durch Winddruck gesichert und ist die Anbringung dieser Stangen aus Fig. 417 ersichtlich. Im unteren Theil ist die Laterne noch durch die Winkeleisen *s*, Fig. 417, ausgesteift. Die Gesammtconstruction dieses Daches ist mit Verständniss ausgeführt; ob aber die vorher beschriebenen **Schwedler**'schen Systeme nicht vorzuziehen sein dürften, kann nur durch Vergleichung der Kosten entschieden werden. Leider sind in unserer Quelle die Kosten nicht angegeben, auch fehlt die Angabe des Gewichtes der Eisentheile; es ist daher zu empfehlen, bei Ausführung ähnlicher Dachconstructionen verschiedene Projecte aufzustellen, deren Gewichte zu ermitteln und hiernach das Vortheilhaftere zu wählen.

Es mögen ferner noch die Dachconstructionen des **Industriepalastes der Wiener-Weltausstellung** *) vom Jahre 1873 erwähnt werden. Hier sind die Binder als Bogenträger con-

*) Diese Dachconstructionen sind von dem Oberingenieur und Bauinspector Herrn **Heinr. Schmidt** projectirt und mitgetheilt in der Zeitschr. d. österr.- Ing. u. Archit.-Vereins 1873. S. 137.

struirt, und zwar von zwei verschiedenen Spannweiten. Der Grundriss des Gebäudes besteht bekanntlich aus der Haupthalle *a*, Fig. 418, die sich von Ost nach West erstreckt und die eine Breite von 25,263 Meter und eine Höhe von ca. 22,9 Meter hat. Den Kern des Gebäudes bildet die Rotunde *c* mit einem Rundgange, von dem vier Haupthallen ausgehen und der von einem Viereck umschlossen ist. In Fig. 418 ist nur der eine Theil der langen Haupthalle gezeichnet, da von der **Rotunde** aus die andere Haupthalle zur ersteren symmetrisch ist.

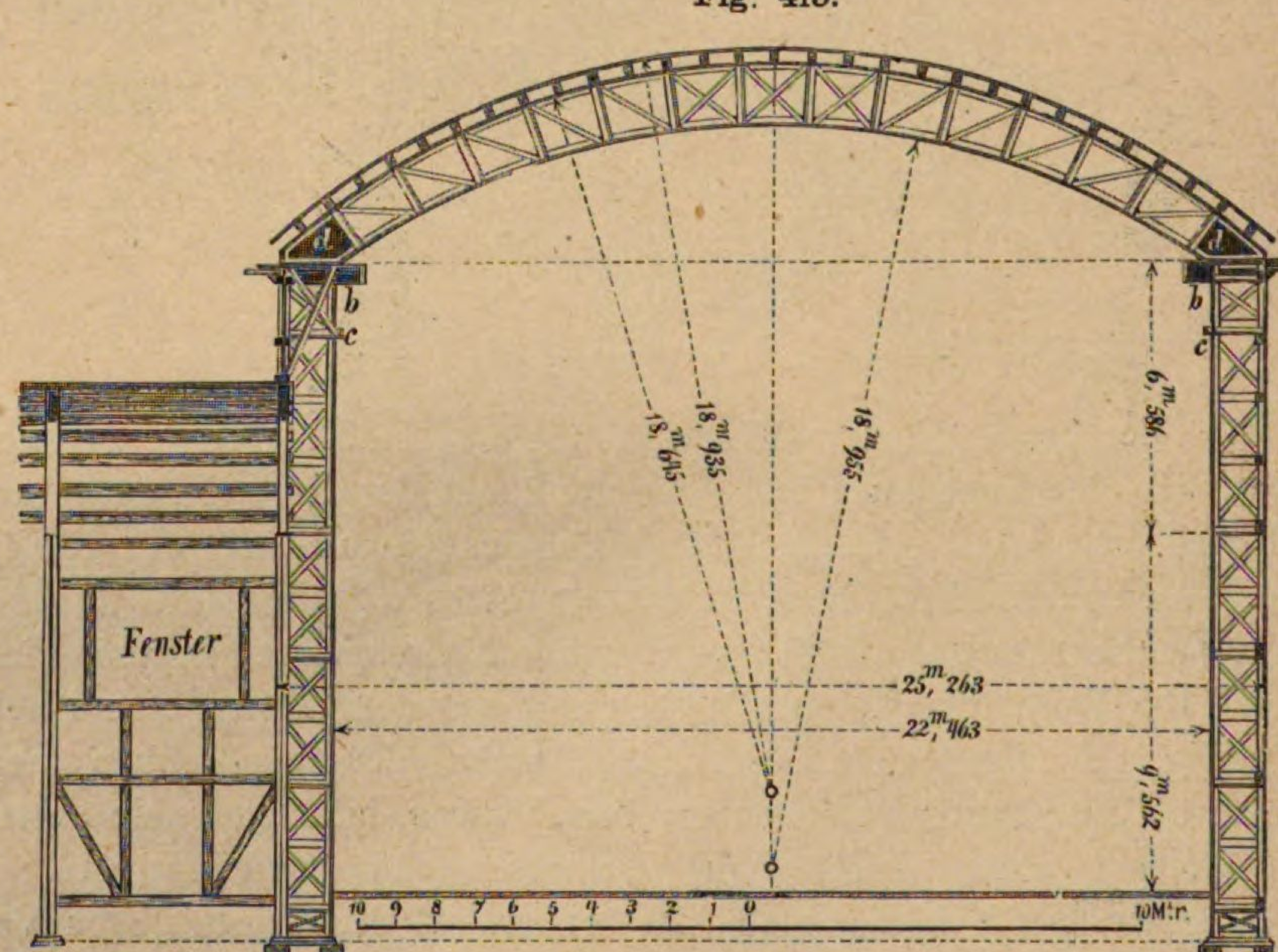
Fig. 418.



Rechtwinklig zu diesen Haupthallen stehen nach Nord und Süd je 16 Seitenhallen von 15,263 Meter Breite und 14,3 Meter Höhe. Ursprünglich waren diese Hallen ganz von Holzfachwerk mit stichbogenförmigen Bindern auch aus Holzfachwerk mit eisernen Zugstangen projectirt. Da aber für die Zimmerarbeiten, den damaligen Verhältnissen entsprechend, ausserordentlich hohe Preise gefordert wurden, so ergab eine vergleichende Rechnung, dass bei Anwendung von schmiedeeisernen Bindern ca. 2 Millionen Mark erspart werden würden, wenn der Preis des Holzes und des Eisens berücksichtigt wird, den die alten Dachgerüste nach der Ausstellung behalten.

Den Querschnitt der grossen Halle und den theilweisen Längenschnitt durch eine Seitenhalle giebt Fig. 419. Die Bogenbinder ruhen auf Ständer aus Winkeleisen, welche

Fig. 419.



durch Gitterstäbe mit einander verbunden sind. Zwischen diesen Ständern bestehen die Umfassungswände der Hallen aus Holzfachwerk, in welches die in Fig. 419 angedeuteten Fenster, welche den Hallen das nöthige Licht geben, eingesetzt sind. Auf jeder Mitte der Seitenhalle steht ein Binder der Haupthalle, während die beiden nächsten Binder so angebracht sind, dass sie mit den Aussenkanten der Seitenhallenständer abschneiden, daher beträgt hier die Entfernung der Binder von Mitte zu Mitte 7,632 Meter, die übrigen Binder dagegen sind 6,947 Meter von Mitte zu Mitte entfernt. In den Seitenhallen stehen die Binder in 5,769 Meter mittlerem Abstand. Wie Fig. 419 zeigt, haben die Bogenträger der Haupthalle für die obere und untere Gurtung verschiedene Mittelpunkte, damit dieselben in der Mitte eine grössere Höhe als an den Auflagern erhalten. Der Radius der Oberkante des Trägers beträgt 18,645 Meter, für die Unterkante desselben 18,955 Meter

und ist die Trägerhöhe in der Mitte von Unterkante zu Oberkante = 1,6 Meter. Die Breite der aus Winkeleisen mit Gitterwerk gebildeten Ständer für die Binder der Haupthalle ist = 1,4 Meter, für die der Seitenhallen = 1 Meter. Die Vorsprünge *b* und *c* Fig. 419 dienen zur Befestigung der hölzernen, mit Gypsstuck überzogenen Säulen, welche zur architektonischen Ausbildung der Hallen vor die Ständer der Binder vorgeblendet sind. Bei den Bindern der Seitenhallen haben Ober- und Untergurt einerlei Mittelpunkt und ist der Radius der Unterkante des Trägers = 10,137 Meter, derjenige der Oberkante des Trägers = 10,957 Meter, daher die Trägerhöhe = 82 Centimeter. Das Detail dieser Binder am Auflager, sowie die Construction der Ständer in $^1/_{40}$ der nat. Grösse giebt Fig. 420. Auf der gusseisernen Grundplatte, die auf einem Pfahlrost ruht, steht der Fuss der Ständer, der aus einer 30 Centim. hohen, 6 Millim. starken Blechplatte *a* mit 2 angenieteten Winkeleisen gebildet ist. An diese Blechplatte sind 4 vertical gestellte Winkeleisen von 80 × 10 Millim. Schenkelstärke angenietet, die durch gekreuzte Gitterstäbe von 60 × 6 Millim. Stärke mit einander verbunden sind. Das obere Blech *b* von 30 Centim. Höhe und 6 Millim. Stärke springt 28 Centim. nach dem Innern der Halle vor; an dessen Aussenkante sind 2 Winkel von 6 Millim. Stärke angenietet mit ungleichen Schenkeln von 70 resp. 50 Millim. Länge. Hieran sind die zur architektonischen Ausbildung der Hallen verwendeten hölzernen Säulen befestigt. An dem 6 Millim. starken Auflagerblech *d* ist sowohl die Ober- wie Untergurtung des Binders festgenietet; den Querschnitt der Obergurtung in der Bindermitte zeigt Fig. 421. Dieser ist aus 2 Winkeleisen à 80 × 10 Millim. und aus einer Deckplatte von 180 × 10 Millim. Stärke gebildet. Die Winkeleisen sind hierbei nicht dicht aneinander genietet, sondern es ist zwischen denselben 6 Millim. Zwischenraum vorhanden, damit die einfachen Diagonalen *e* zwischen den beiden Winkeleisen angebracht werden konnten. Den mittleren Theil des Binders giebt Fig. 422, dieser zeigt, dass die drei Mittelfelder gekreuzte Diagonalen *e* haben, diese, sowie die Diagonalen in den beiden nächsten Feldern sind 60 × 6 Millim. stark, die übrigen Diagonalen haben 80 × 6 Millim. Stärke. Die radial aufgenieteten doppelten Winkeleisen *g* haben ungleiche Schenkellänge und zwar hat der Schenkel in der Längenrichtung des Trägers 70, der andere 50 Millim. Breite bei 6 Millim. Stärke. Zur Befestigung der Fetten *f*, welche $^{184}/_{79}$ Millim. Stärke haben, sind auf die Binder je 2 Winkeleisen, à 80 × 10 Millim. stark und 180 Millim. breit, aufgenietet, zwischen denen die Fetten festgehalten werden und gegen Umkippen gesichert sind. Das Eisen eines Binders der Seitenhallen mit den beiden Ständern und den gusseisernen Fussplatten zusammengenommen wiegt 3700 Kilogr.; dasjenige eines Binders der Haupthallen 9140 Kilogr., und hat das Gesammtgewicht des Eisengerippes für den Industriepalast, excl. der Rotunde, ca. 2875000 Kilogr. betragen. Die Ausführung der Eisenconstructionen ist von **Harkort** in Duisburg besorgt worden.

Fig. 420.

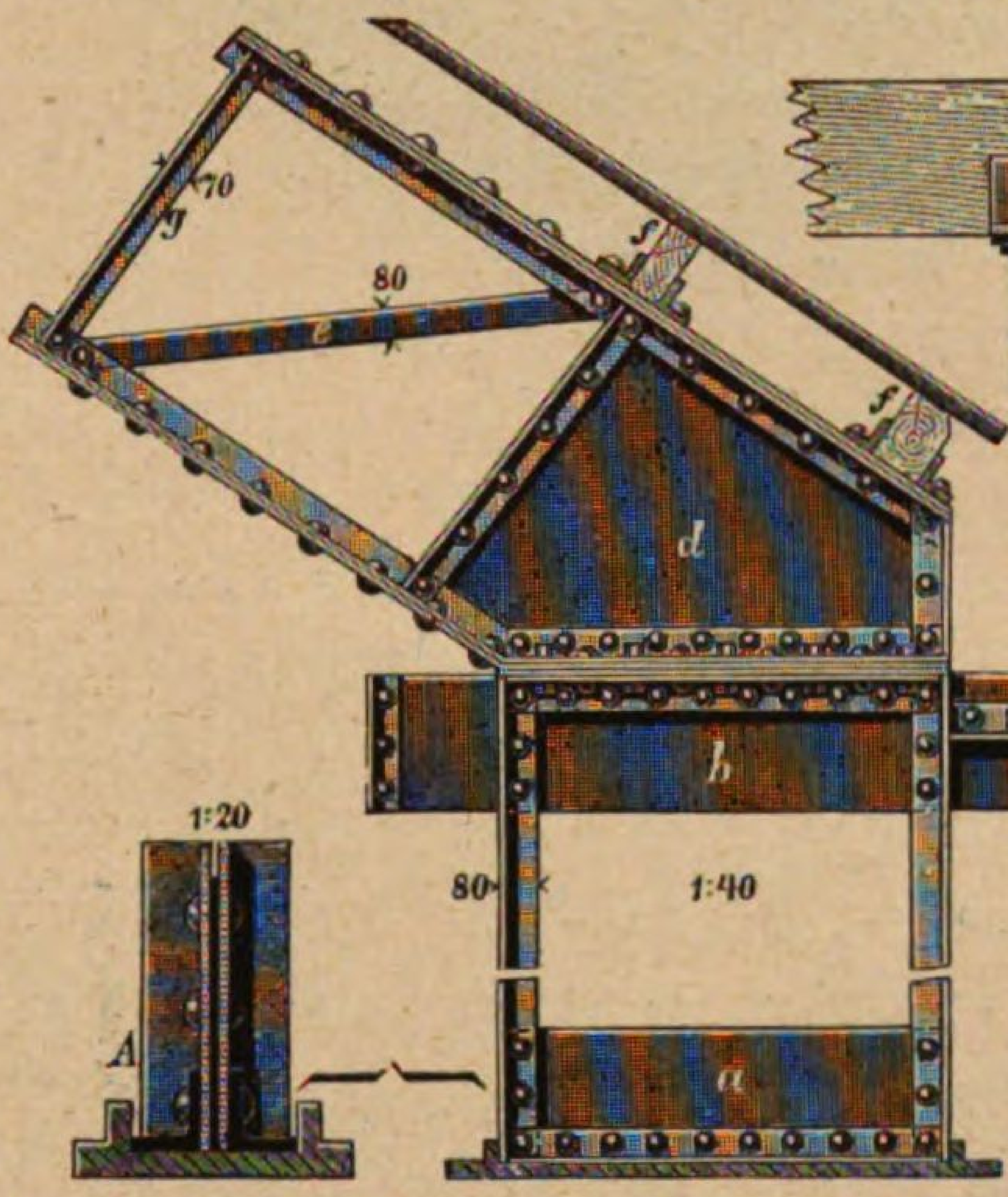


Fig. 421.

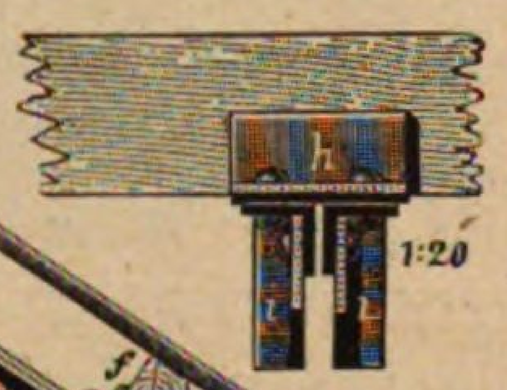
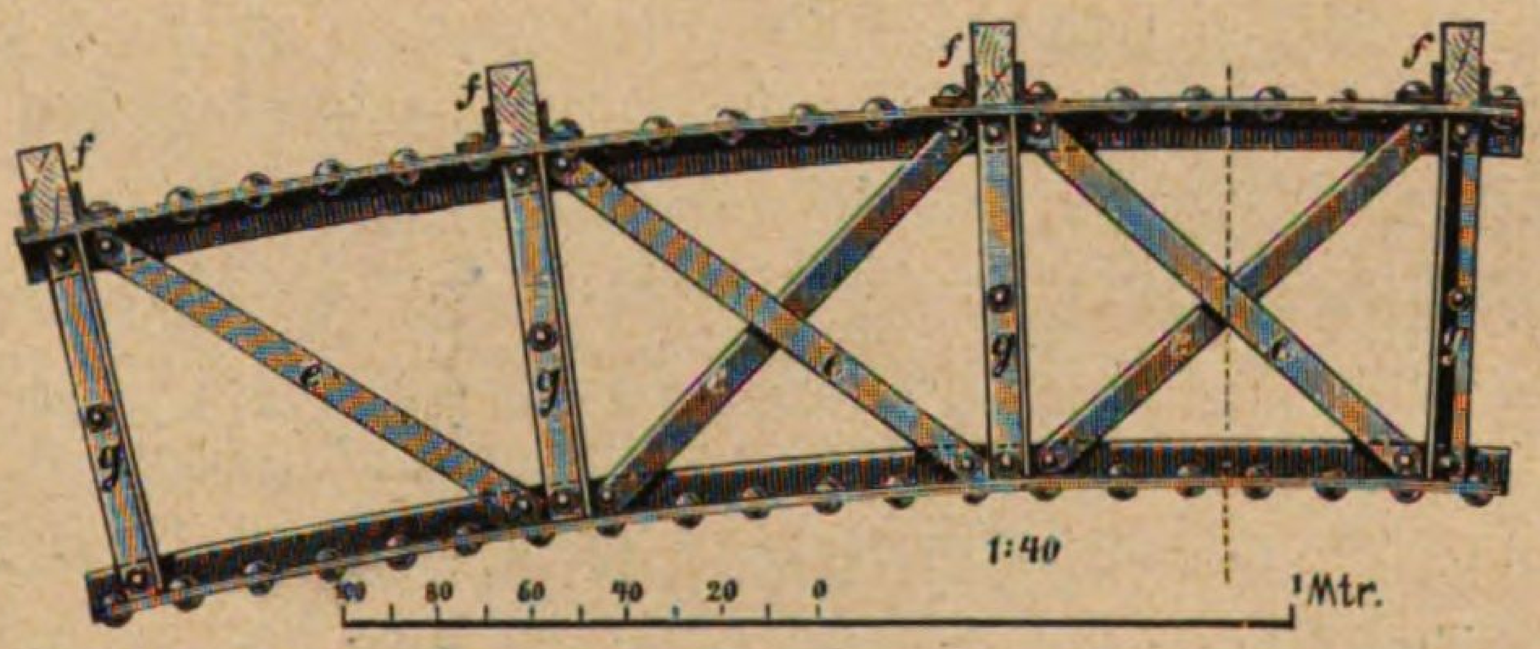


Fig. 422.



§. 74. Construction der Walmdächer aus Schmiedeeisen.

Ein **Walmdach** ist auf **Blatt 7** in Fig. 6 bis 9 dargestellt, dasselbe ist über dem Fremdenhause der Villa **Krupp** ausgeführt. Die drei Normalbinder Fig. 7 sind in dem Grundrisse des Daches Fig. 6 mit *N* bezeichnet, diese tragen im First einen Gitterträger, an dessen Enden sowohl die Mittelbinder *M* der Walme, wie auch die vier Gratbinder *G* Fig. 8 befestigt sind. An diesen letzteren und zwar an der oberen Gurtung im Punkte *S* Fig. 8 ist eine entsprechend gebogene Blechplatte angenietet, welche die Schiftbinder Fig. 9 aufnimmt. Die in dem Grundrisse Fig. 6 durch einfache Linien angedeuteten Fetten bestehen aus Winkeleisen, die in ähnlicher Weise armirt sind, wie die auf **Blatt 8,** Fig. 12 dargestellten. In dem Normalbinder *N*, Fig. 7, **Blatt 7,** sind die Stützen und Zugstangen nach dem Schema *B* Fig. 377 angeordnet und werden beide Binderhälften durch eine Zugstange aus 2 Flacheisen zusammengehalten. Der Gitterträger im First, der von diesen drei Bindern getragen wird, nimmt an seinen Enden direct die beiden halben Mittelbinder *M* der Walme auf, welche in ganz ähnlicher Weise wie die Normalbinder construirt und deren Hauptknotenpunkte ebenfalls durch eine Zugstange aus 2 Flacheisen mit einander verbunden sind. Da diese Flacheisen eine bedeutende Länge haben und ohne Unterstützung durchhängen würden, so sind die Hauptknotenpunkte der Binder *M* etwas höher angeordnet, damit die verbindenden Flacheisen oberhalb der Zugstangen von den Normalbindern hinweggehen und von diesen getragen werden. Hierdurch ist das Dachgerüst sowohl in der Länge wie in der Breite festverbunden, daher sind die Gratsparren auch nur im First mit den Gitterträgern vernietet, da diese Firstpunkte als fest unterstützte Punkte zu betrachten sind. Bei den Schiftbindern Fig. 9 brauchten die Fetten desshalb nicht direct unterstützt zu werden, weil dieselben nur eine geringe Belastung erhalten. Die Dacheindeckung besteht aus Zinkblech nach dem belgischen Leistensystem auf Schaalung eingedeckt. Ein anderes aus Schmiedeeisen construirtes **Walmdach** giebt Fig. 8 bis 12 **Blatt 8,** dasselbe ist als Pultdach in §. 72 näher beschrieben. Da aber die Verticalen und Diagonalen bei diesen Bindern sehr lang sind, so wird man bei ähnlichen Constructionen unbedingt die Binderformen Fig. 11 und 12, **Blatt 5**, oder Fig. 8, **Blatt 9**, vorziehen, weil hierbei eine wesentliche Materialersparniss erzielt wird.

§. 75. Construction der Zeltdächer resp. Kegeldächer aus Schmiedeeisen.

Blatt 7, Fig. 1 bis 5, giebt das Dachgerüst eines **Zeltdaches,** welches über dem Räderwalzwerk-Gebäude der **Krupp'**schen Gussstahlfabrik zu Essen ausgeführt ist. Der fast quadratische Grundriss des Gebäudes, Fig. 1, zeigt zwei sich kreuzende Diagonalbinder, die im Kreuzpunkte durch Nietung mit einander vereinigt sind. Die Hauptstreben der Binder bestehen aus 4 Winkeleisen von je 9,2 Centim. Schenkellänge und 1,3 Centim. Stärke; sie sind im First und an den Auflagern, wie aus Fig. 2 zu ersehen ist, an 1,3 Centim. starke Blechplatten festgenietet. In dem oberen Theil der Streben, wo die grösste Pressung vorkommt, ist der Querschnitt durch ein verticales Flacheisen von 21 $\times$ 1 Centim. verstärkt, während in dem unteren Theil die 4 Winkeleisen nur durch einzelne Blechplatten zusammengehalten werden.

Auch die untere horizontale Gurtung des Binders ist aus 4 Winkeleisen, die auf der ganzen Länge 2 verschiedene Querschnittdimensionen haben, zusammengesetzt, und zwar sind dieselben auf der ganzen Binderlänge 3 mal gestossen. Die untere Ansicht der Stossverbindungen ist unter Fig. 2 gezeichnet. Zur Vermeidung der Durchhängung des ziemlich langen, mittleren Gurtungstheils zwischen den Hauptknotenpunkten ist derselbe unter dem Firstpunkte an einer 1,6 Centim. starken Rundeisenstange aufgehängt. Die übrigen Zugstangen und Stützen bestehen ebenfalls aus Winkeleisen, deren Querschnittsdimensionen in Millim. Fig. 2 eingeschrieben enthält. Fig. 3 ist der Grundriss von der Deckplatte im Firstpunkte, mit derselben sind die oberen Winkeleisen der Binderstreben ver-

nietet; auf dieser Platte ist auch ein gusseiserner Schuh mittelst Schrauben befestigt, in dem die oberen Enden der 4 hölzernen Hauptsparren liegen, die normal zu den Umfassungswänden angeordnet sind. Den Grundriss der Deckplatte ohne den gusseisernen Schuh zeigt Fig. 4. Die in Fig. 2 angedeuteten, auf den Binderstreben aufgeschraubten gusseisernen Schuhe oder Lager, welche die Fetten des Daches tragen, sind im Grundrisse in Fig. 5 dargestellt. In jedem Lager stossen zwei solche Hölzer rechtwinklig zusammen und ist jede Fette durch einen Schraubenbolzen mit dem Lager verbunden. Alle Fetten jeder der 4 Dachflächen sind in ihrer Mitte mit dem hölzernen Hauptsparren verbunden, deren oberes Ende in Fig. 3 angedeutet ist. Diese Sparren übertragen die von ihnen aufgenommene Dachlast zur Hälfte auf den Vereinigungspunkt der Binder im First, zur andern Hälfte auf die Umfassungsmauern. Die Dachschaalung ist in gewöhnlicher Weise durch Nagelung auf den Fetten befestigt und mit Zinkblech eingedeckt.

Die Anordnung dieses Dachgerüstes ist für ähnliche Fälle durchaus nicht zu empfehlen, denn dadurch, dass die Binder diagonal über den Raum gelegt sind, erhalten dieselben eine grosse freitragende Länge, ihre Construction erfordert daher viel Material, namentlich desshalb, weil durch die grössere Länge die Neigung sehr gering ausfällt.

Besser ist, für Zeltdächer über quadratischen Räumen, die Binderanordnung nach

Fig. 423.

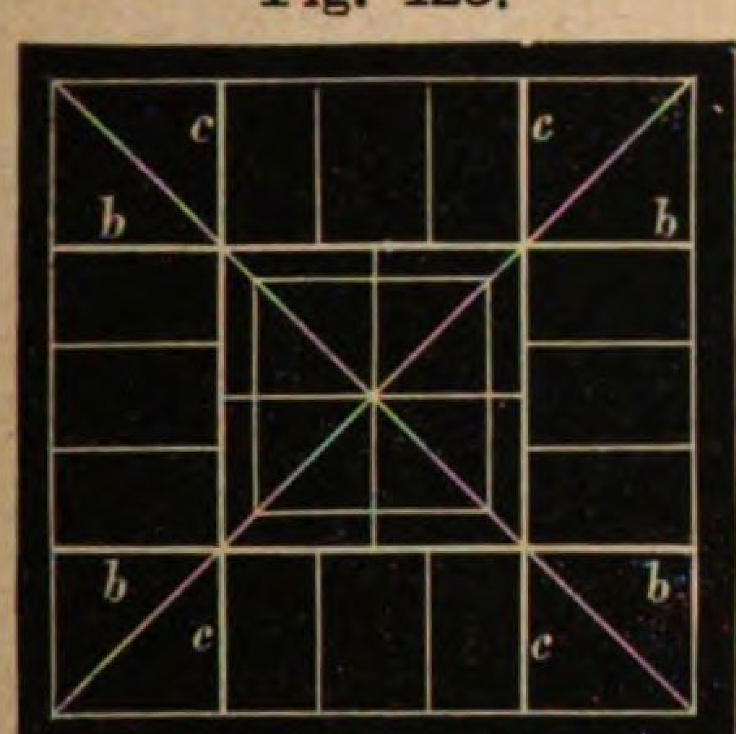
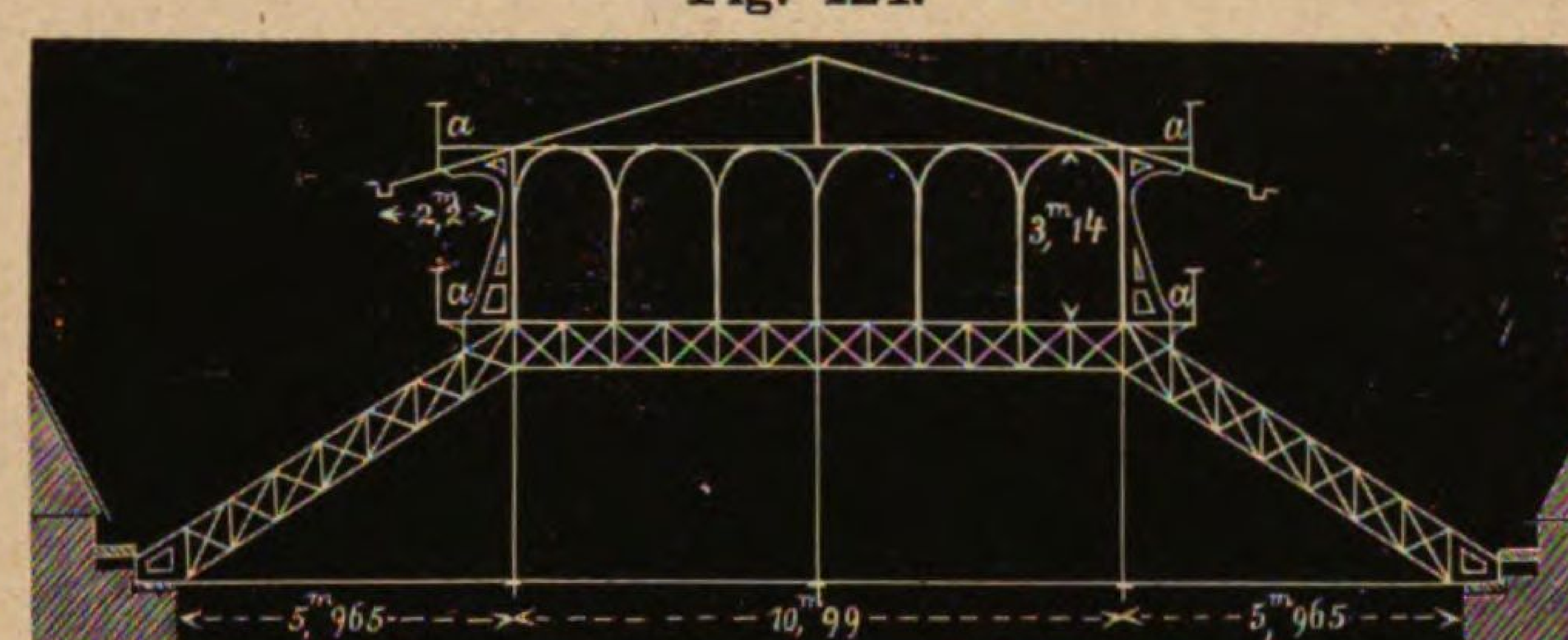


Fig. 424.



dem Grundrisse Fig. 423, wo die 4 Binder *b* und *c* sich kreuzen und in den Kreuzpunkten miteinander vernietet sind; dieselben können zweckmässig die Form Fig. 9, **Blatt 8,** erhalten. Man gewinnt hierdurch reichlich Stützpunkte für die Zwischen-Constructionen, die wegen der geringen freitragenden Längen auch nur geringe Querschnittabmessungen nöthig haben.

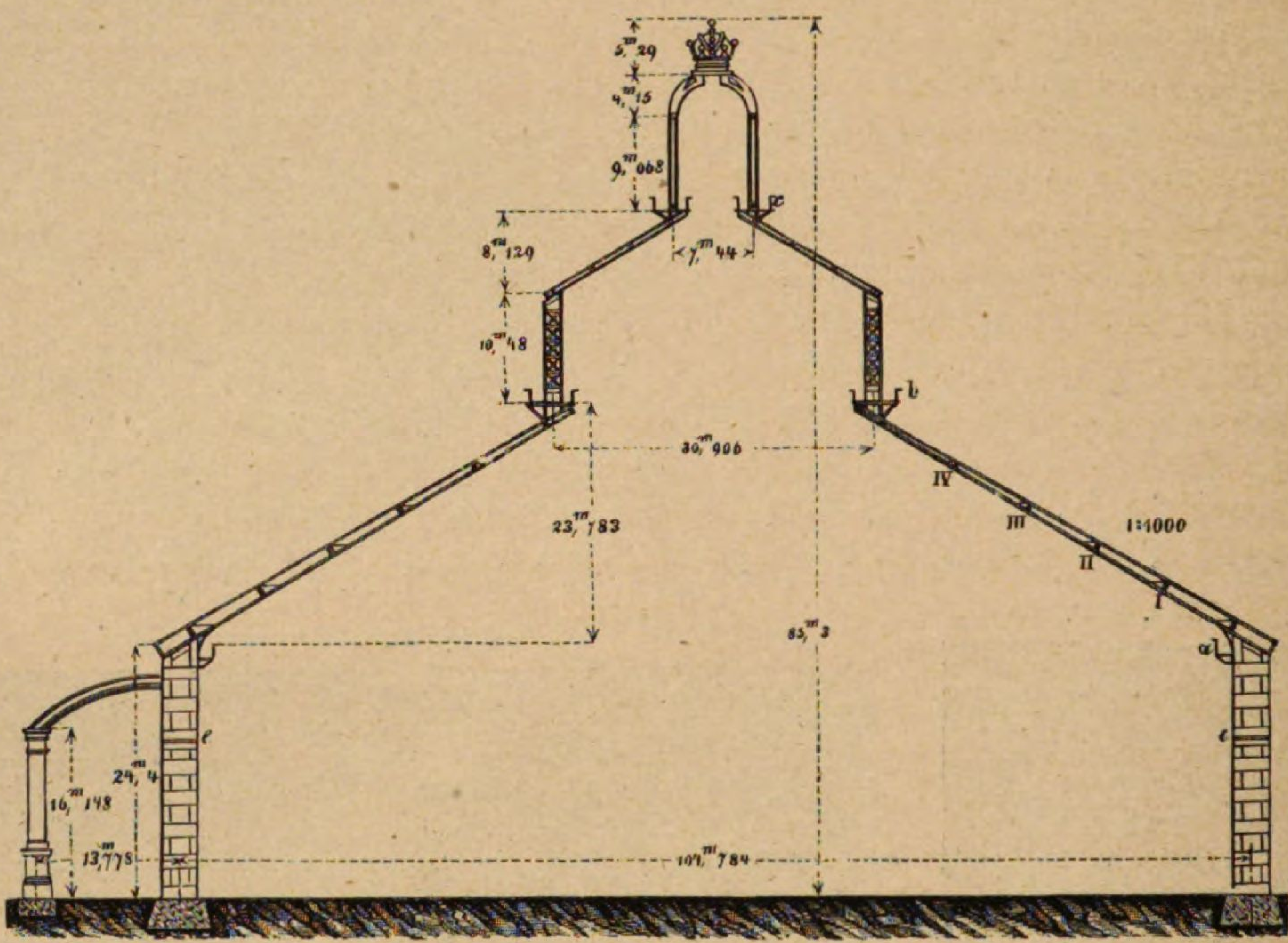
Fig. 423 ist der Grundriss des in Fig. 424 im Querschnitte dargestellten Glasdaches über dem **Cour d'honneur** des 1862 eröffneten **Grand Hôtel** am **Boulevard des Italiens** in Paris. Ueber dem quadratischen Raum von 22,92 Meter lichter Weite sind 4 Stück sich kreuzende Binder *b* und *c* aufgestellt, die als Gitterträger in Form der doppelten Hängwerke construirt und mittelst horizontaler Zugstangen untereinander verbunden sind. Auf dem mittleren horizontalen Theil der Gitterträger erheben sich bogenförmig durchbrochene Wände, über denen ein weit überhängendes Zeltdach gespannt ist. Die halbrunden Oeffnungen dieser Wände sind nicht verglast, sondern offen, da ohnehin Regen und Schnee von dem überhängenden Dache vom Oberlichte abgehalten werden.

Das grösste **Kegeldach** was je zur Ausführung gekommen ist, die **Rotunde** der Wiener Weltausstellung*), wurde im Jahre 1872 und Anfang 1873 erbaut. Die in dem Grund-

*) Durch Zeichnungen und Beschreibung ausführlich mitgetheilt von **H. Schmidt** in der Zeitschrift des österr. Ingen.- und Archit.-Vereins 1873. S. 137. Die Angaben im »Engineering« 1873 und der hieraus entlehnte Artikel in der Zeitschr. des Archit. und Ing.-Vereins zu Hannover 1873. S. 203 enthalten verschiedene Unrichtigkeiten. — Die Idee und der erste skizzenhafte Entwurf zu diesem unzweckmässig construirten eisernen Centralbau rührt von dem engl. Ingenieur Mr. **Scott Russel** her. Die Berechnungen und Detailconstructionen sind vom Herrn Obering. und Bauinsp. **H. Schmidt** oder unter dessen Leitung ausgearbeitet, während die Gerüste zur Aufstellung des Baues von dem Oberingen. der Firma Harkort, Herrn **Offergeld**, entworfen sind. Da von dem Bauherrn der Weltausstellung die von Mr. Scott Russel angegenene Form der Rotunde verlangt wurde, so konnte der ausführende Ingenieur auf Materialersparniss nicht sehen. Wie Herr **H. Schmidt** selbst angiebt, hätte man bei einer zweckmässigeren Säulenform

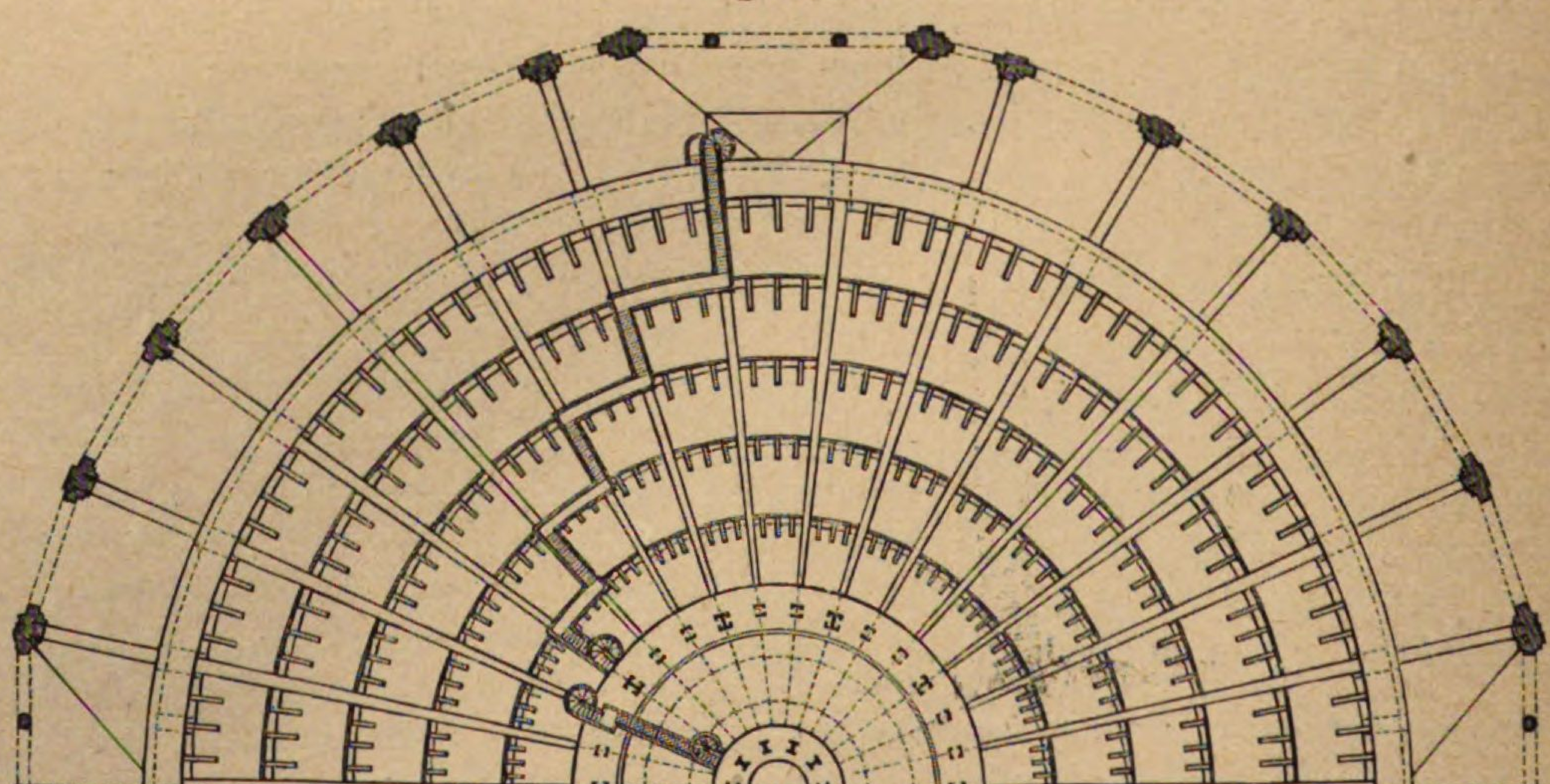
risse Fig. 418 mit *c* bezeichnete Rotunde von 8130 □ Meter Bodenfläche, deren Querschnitt Fig. 425 und deren halben Grundriss und Horizontalschnitt durch die Laterne Fig. 426 in $^1/_{1000}$ der wirkl. Grösse darstellt, ruht auf 32 schmiedeeisernen Säulen von recht-

Fig. 425.



eckigem Querschnitte, die in einem Kreise aufgestellt sind. Mit der Horizontalen bildet die Dachschrägung einen Winkel von 31 Grad, nach welchem Winkel das obere Ende der Säulen schief abgeschnitten wurde, und schliesst die innere Seite der Säulen mit einem

Fig. 426.



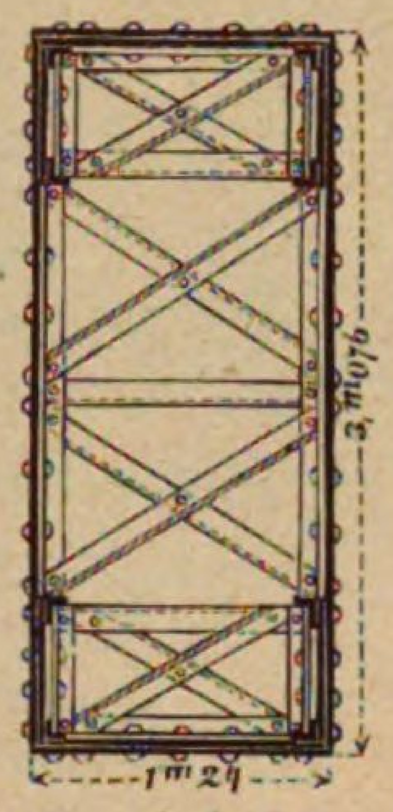
kurzen Bogen an das Dach an. Auf dem kegelförmigen Dache der Rotunde ist eine grosse Laterne aufgestellt, von ca. 31 Meter Durchmesser zwischen den Säulenmitten, auf deren

und bei Anwendung einer parabolischen Kuppelform, welche im Horizontalschnitt polygonal anstatt kreisrund angeordnet worden wäre, ferner bei Legung der tragenden Dachconstructionen unter die Dacheindeckung, mindestens 1200000 Kilogr. Eisen ersparen können. — Die architektonische Ausbildung des Baues wurde von dem Architekten Herrn Baron v. **Hasenauer** geleitet.

ebenfalls kegelförmigem Dache eine zweite Laterne ruht, die mit einer Krone abgeschlossen ist.

Den kastenförmigen Querschnitt der Säulen von der Rotunde zeigt Fig. 427, woraus zu ersehen, dass 8 verticale Winkeleisen ringsum mit Blech bekleidet und im Innern in Höhenabständen von 1,2 bis 1,9 Meter durch horizontalgelegte Winkeleisen miteinander verbunden sind. Sämmtliche Winkeleisen haben 100 × 13 Millim. Schenkelabmessung und sämmtliche Bleche 13 Millim. Stärke. Die Niettheilung beträgt 16 Centim. und haben die Nieten für den horizontalen Querverband 26, alle übrigen 18 Millim. Schaftdurchmesser. Dass diese Querschnittform der Säulen, wegen der ungleichen Trägheitsmomente nach beiden Richtungen des Querschnittes, und auch aus anderen Gründen, für den Materialverbrauch sehr ungünstig ist, dürfte ohne Weiteres einleuchtend sein.

Fig. 427.



Die mit Winkeleisen eingerahmten Fussplatten der Säulen ruhen je auf einem Betonfundament, welches oben 5 Meter lang und 2 Meter breit ist. Diese sind mit $^1/_3$ geböscht und reichen bis auf die Schotterschicht, die in Tiefen von 3 — 5 Meter gefunden wurde. Damit man sicher sein konnte, dass die Betonfundamente die auf sie kommende Last des vollendeten Baues auch zuverlässig tragen würden, sind einzelne auf dem ungünstigsten Baugrunde stehende Fundamente durch aufgelegte Eisenbahnschienen mit einer Last von 4750 Ctr. geprüft, obgleich die grösste Belastung eines Pfeilers nie mehr als 4400 Ctr. betragen konnte. Da sich bei dieser Probe nicht die geringste Senkung oder Veränderung der Betonpfeiler zeigte, so konnte man über ihre spätere Tragfähigkeit vollständig beruhigt sein.

Ein kastenförmiger **Zugring** überdeckt die Säulen der Rotunde und hält dieselben zusammen; den Querschnitt dieses Ringes zeigt Fig. 2, **Blatt 12**, derselbe ist 3,548 Meter breit und 1,5 Meter hoch. Im Innern der Rotunde ist an den Säulen in 23,1 Meter Höhe eine 1,43 Meter breite Gallerie angebracht, die in Fig. 425 mit *a* bezeichnet ist. Zu derselben führen 2 Treppen und zwei Aufzüge, welche zwischen zwei enger gestellten Säulen eingebaut sind. Die Kämpfer für die Bogen zwischen je 2 Säulen sind in Fig. 425 mit *e* bezeichnet. Von dem **Zugringe** aus gehen 30 Stück Radialsparren gegen den in einer Höhe von 48,185 Meter angebrachten **Druckring** *b*, Fig. 425, an dem dieselben vereinigt sind. Das Detail dieses Druckringes ist in Fig. 1, **Blatt 12** dargestellt, und sind auf diesem Plateau von 4,076 Meter Breite die 1,524 Meter tiefen Säulen der Laterne so gestellt, dass nach aussen eine Gallerie von 1,426 Meter, nach innen eine solche von 1,126 Meter Breite übrig bleibt.

Die Radialsparren haben unten am Zugringe eine Höhe von 1,5 Meter, während sie oben am Druckringe nur 61 Centim. hoch sind; ihre Querschnitte an diesen Stellen geben Fig. 428 und 429, woraus ersichtlich, dass die untere Gurtung von der 12 Millim. starken Dacheindeckung gebildet wird, wogegen die obere Gurtung aus zwei über einander liegenden Blechen von je 10 Millim. Dicke besteht, die von 60 Centim. bis zu 40 Centim. von unten nach oben an Breite abnehmen. Das Verticalblech hat 13 Millim. Stärke, die Winkeleisen 100 × 13 Millim. Schenkelabmessung. Vom Zugringe bis zum Druckringe sind die Sparren 41,42 Meter lang. In Abständen von je 8 Meter sind zwischen den Radialsparren noch 5 Stück horizontale **Spannringe**, *I, II, III, IV* Fig. 425, angebracht, die mit den Radialsparren an der betreffenden Stelle gleiche Höhe haben. Fig. 430 a. f. S. zeigt den Querschnitt des Spannringes *I* dessen Winkeleisen 100 × 13 Millim. Schenkelstärke besitzen. Das Verticalblech hat für alle Spannringe 12,5 Millim., die obere Gurtungsplatte 10, die untere 13 Millim. Stärke. Die Spannringe *II* und *III* sind

Fig. 428.

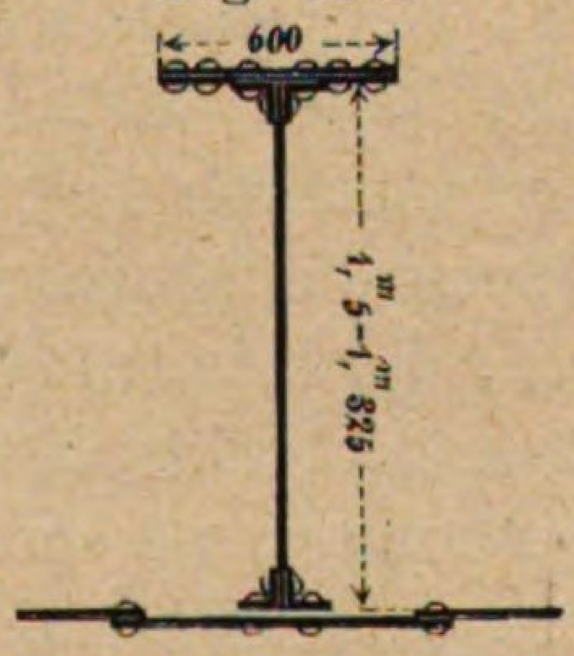
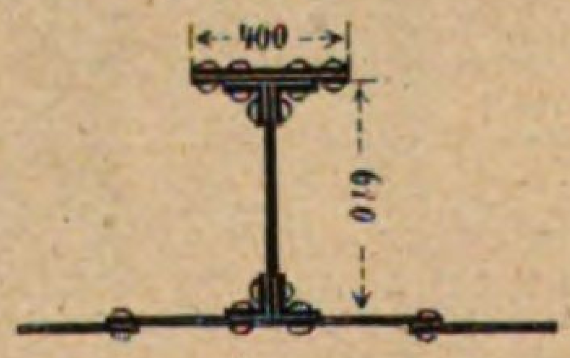


Fig. 429.



ähnlich wie Fig. 430 gebildet, doch haben die Winkeleisen nur 80 × 10 Millim. Schenkelabmessung. Die Winkeleisen des Spannringes *IV*, Fig. 431, haben 100 × 13 Millim. Schenkelstärke, hier, sowie bei dem Ringe *V*, der in Fig. 1, **Blatt 12** angedeutet ist, sind aber nur zwei Winkel angeordnet. Wie aus dem Grundrisse Fig. 426 erhellt, sind an den Spannringen zwischen je zwei Radialsparren 3 Stück Versteifungsdreiecke so angebracht, dass sie nicht nur die Spannringe aussteifen, sondern auch noch die sehr schwere Dacheindeckung *a*, Fig. 430, theilweise tragen, da diese unter den Radialsparren gelegt ist. Die Blechdicke der Eindeckung nimmt von unten nach oben ab, sie beträgt 12, 11 und 10 Millim. an den verschiedenen Stellen.

Fig. 430.

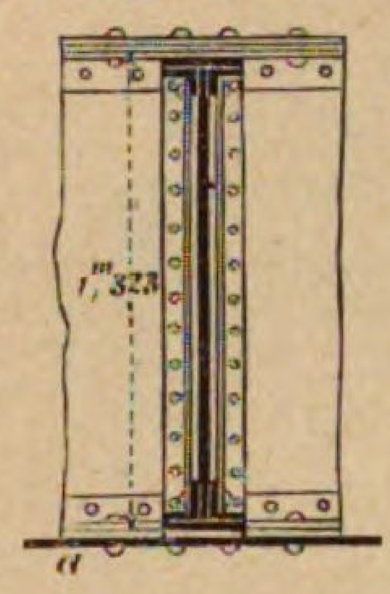
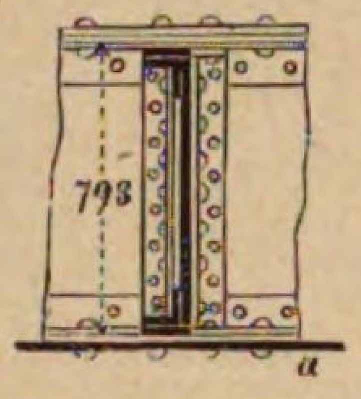
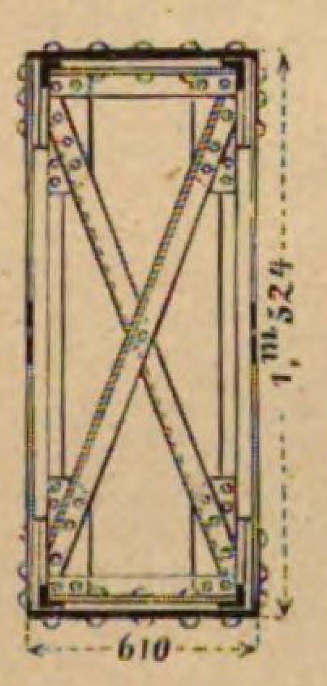


Fig. 431.



Von den 30 Säulen der grossen Laterne, welche auf dem Druckringe stehen, und die in der Axe gemessen 10,48 Meter Höhe haben, sind 10 Stück stärker im Querschnitte gehalten als die übrigen 20, da diese den Druck von den 10 Säulen der 2. Laterne aufnehmen. Das Kegeldach der Laterne ist dem der Rotunde ähnlich construirt und ebenfalls unter einem Winkel von 31 Grad geneigt. Den Querschnitt einer der stärkeren Säulen zeigt Fig. 432; an 4 Winkeleisen von 60 × 8 Millim. Schenkelstärke, sind zwei Bleche von 6 Millim. Dicke angenietet, die durch Diagonalen in horizontaler und verticaler Richtung untereinander verbunden wurden. Die 15 Millim. starken Nieten sind in Abständen von durchschnittlich 12 Centim. angeordnet.

Fig. 432.



Die 30 Radialsparren, über denen die 5,6 Millim. starke Dacheindeckung liegt, werden unten ebenfalls von einem **Zugringe** umschlossen, und vereinigen sich oben in einem **Druckringe**; zwischen diesen beiden sind die Radialsparren noch durch 3 Spannringe zusammengehalten, die je 4,5 Meter von einander abstehen. Auf dem 3,07 Meter breiten Plateau des Druckringes stehen die 10 Säulen der zweiten Laterne, die 98,4 Centim. Tiefe haben. Zwischen den Säulen sind hohe Fenster angebracht und ist das im Horizontalschnitt polygonförmig gestaltete überhöhte Kuppeldach mit Holz und Zink eingedeckt.

Die Rotunde ist von einem 11 Meter breiten Rundgang umgeben, dessen Dach von 48 Stück bogenförmigen Bindern, welche in Fig. 425 angedeutet sind, getragen wird; die zur Beleuchtung dieses Rundganges dienenden Seitenfenster haben 11,8 Meter Höhe und 6 Meter Breite.

Zur Besteigung der Laterne dienen die 0,8 Meter breiten Treppen, welche in dem Grundrisse Fig. 426 angedeutet sind.

Das Dachwasser von den beiden Laternen tropft auf die äusseren Gallerien und fliesst von hier aus durch Röhren auf das Hauptdach. Dort findet die Wasserableitung von Cassette zu Cassette durch die Zwischenräume unter den Spannringen statt, welche dadurch gebildet sind, dass die 10—12 Millim. hohen Bleche der Dacheindeckung nach Fig. 428 und 429 über- und untereinander liegen. In der untersten Cassette befinden sich in jeder Ecke an den Radialsparren entsprechende Oeffnungen, durch welche das Wasser in die Zinkblechrohre gelangt, die innerhalb der eisernen Säulen angebracht sind. Die Wasserabführung aus den Cassetten ist nach dem Vorstehenden mangelhaft, denn die niedrigen Spalten unter den Spannringen werden sich sehr leicht mit Eis verstopfen und wenn der in den Cassetten abgelagerte Schnee zu schmelzen beginnt, ist es möglich, dass sich alle Cassetten mit Wasser ausfüllen, wodurch eine grosse zufällige Belastung des Daches hervorgerufen werden kann. Der statischen Berechnung sind daher auch an Eigengewicht und zufälliger Last 300 Kilogr. pro □ Meter zu Grunde gelegt, und da das Eigengewicht der Dachconstruction ca. 100 Kilogr. pro □ Meter beträgt, so bleiben noch 200 Kilogr. für Schnee- und Winddruck.

Das Gewicht der Eisenconstruction der Rotunde betrug rund:

für den Hauptbau:

1.	32 Stück Säulen sammt Bogen	= 1223000	Kilogr.
2.	Die umlaufende Gallerie	= 165000	»
3.	Der Hauptzugring	= 660000	»
4.	Der Druckring mit dem Plateau	= 136500	»
5.	30 Stück Radialsparren.	= 483500	»
6.	5 Stück Spannringe	= 246000	»
7.	Die Dacheindeckung	= 801000	»
	zusammen	= 3715000	Kilogr.

Für die 1. Laterne:

8.	30 Stück Säulen	= 50000	Kilogr.
9.	Der Zugring	= 18500	»
10.	Der Druckring mit Plateau	= 17000	»
11.	30 Stück Radialsparren.	= 21000	»
12.	3 Stück Spannringe	= 6500	»
13.	Die Dacheindeckung.	= 53500	»
	zusammen	= 166500	Kilogr.

Für die 2. Laterne:

14.	10 Stück Säulen	= 12000	Kilogr.
15.	Der untere Ring	= 2200	»
16.	10 Stück Dachrippen	= 3350	»
17.	Der obere Ring	= 950	»
	zusammen	= 18500	Kilogr.
18.	Treppen, Fahnenstangen und Geländer .	= 75000	»
	Gesammtgewicht der Rotunde	= 3975000	Kilogr.

Bemerkenswerth ist namentlich die Montirung der Rotunde, welche in der Weise ausgeführt wurde, dass man die Fussplatten der Säulen in ihrer richtigen Lage mit in den Beton festgegossenen Steinschrauben befestigte. Auf diese Fussplatten stellte man die in der Axe 2,812 Meter hohen Säulenköpfe und vernietete mit diesen die untere Blechlage und das obere Blech des Zugringes, wie es in Fig. 434 angedeutet ist. Hinter jeder Säule war das in Fig. 433 und 434 dargestellte Gerüst aufgestellt, in deren eisernem Obertheil *a* je 2 Stahlschrauben von 2 Meter Länge und 9 Centim. Schaftdurchmesser hingen. An den Säulen waren eiserne Bügel, aus mehreren Theilen bestehend, angehängt, welche die 13 Centim. starken Lagerzapfen der an den Säulen angeschraubten Consolen umfassten. Die Schrauben hatten 13 Millim. Steigung und konnten die 4,7 Meter langen Hebel *b* der Schrauben um 180° umgedreht werden, durch welche halbe Schraubendrehung eine Hebung von 6,5 Millim. stattfand. Da die Hebel, ähnlich wie die Bohrratschen, mit Sperrhaken versehen waren,

Fig. 433.

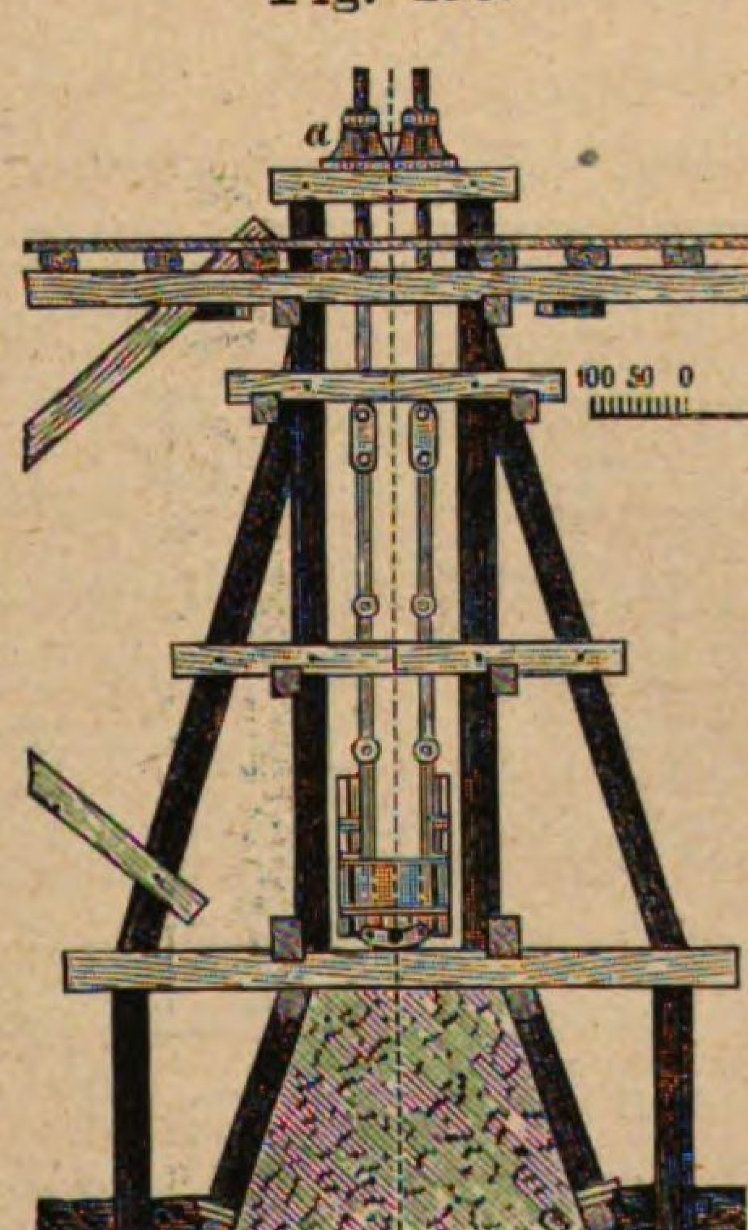
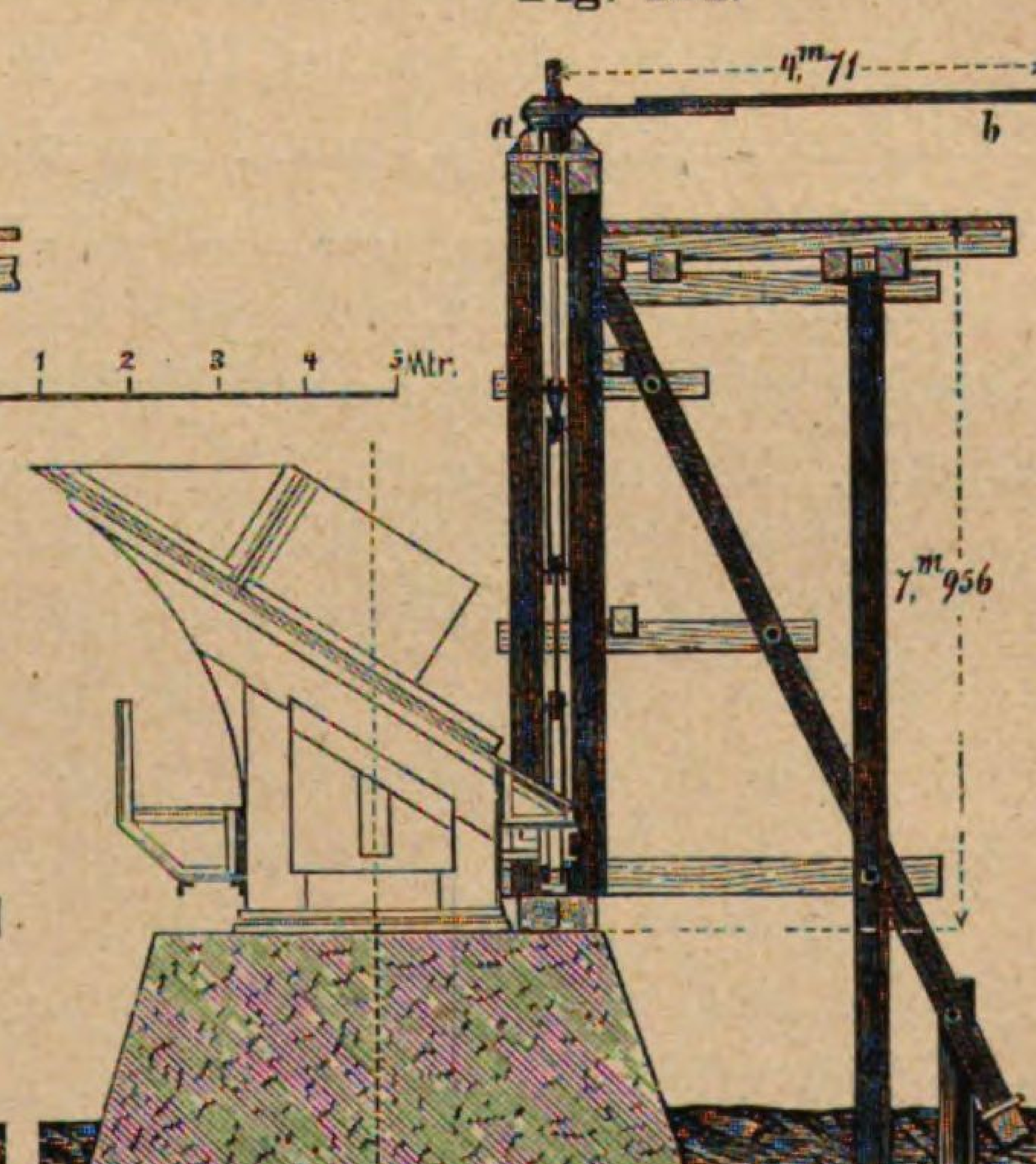
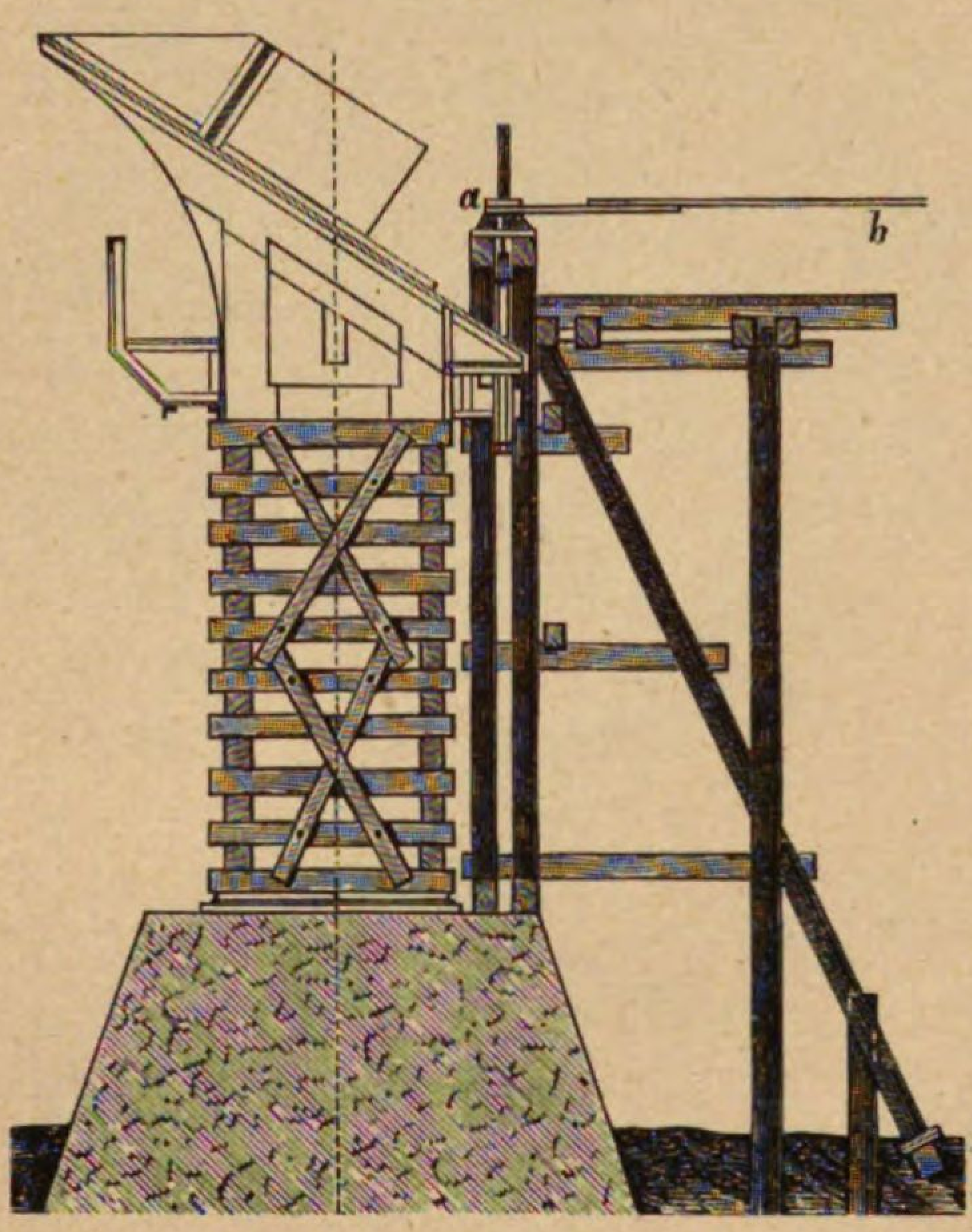


Fig. 434.



so liessen sich dieselben zurückdrehen, ohne die Schrauben zu bewegen. In dieser Weise wurde der ganze Säulenkranz durch Umdrehung aller Schrauben um 1,7 bis 1,8 Meter gehoben und während jede Säule durch Kreuzbalkenlagen und Keilen gut unterstützt war, entfernte man ein Glied aus dem Bügel, drehte die Schraube zurück und hängte die Consolen von Neuem ein. Nachdem drei Glieder aus dem Bügel herausgenommen waren, hatte eine Hebung von 6,3 Meter stattgefunden, wie dies Fig. 435 andeutet. Nun wurde ein Säulenstück von 6,08 Meter Höhe zwischen Fussplatte und Säulenkopf geschoben und mittelst Deckplatten mit dem letzteren vernietet. Nach Ausführung dieser Arbeit hängte man die Verlängerungsglieder wieder an die Hebeschrauben, befestigte die Hebeconsolen an dem untersten Theil der Säulen und wiederholte die vorige Manipulation, bis endlich auch das 3,335 Meter hohe Fussende der Säulen untergeschoben war und somit die Säulen fertig aufgerichtet dastanden.

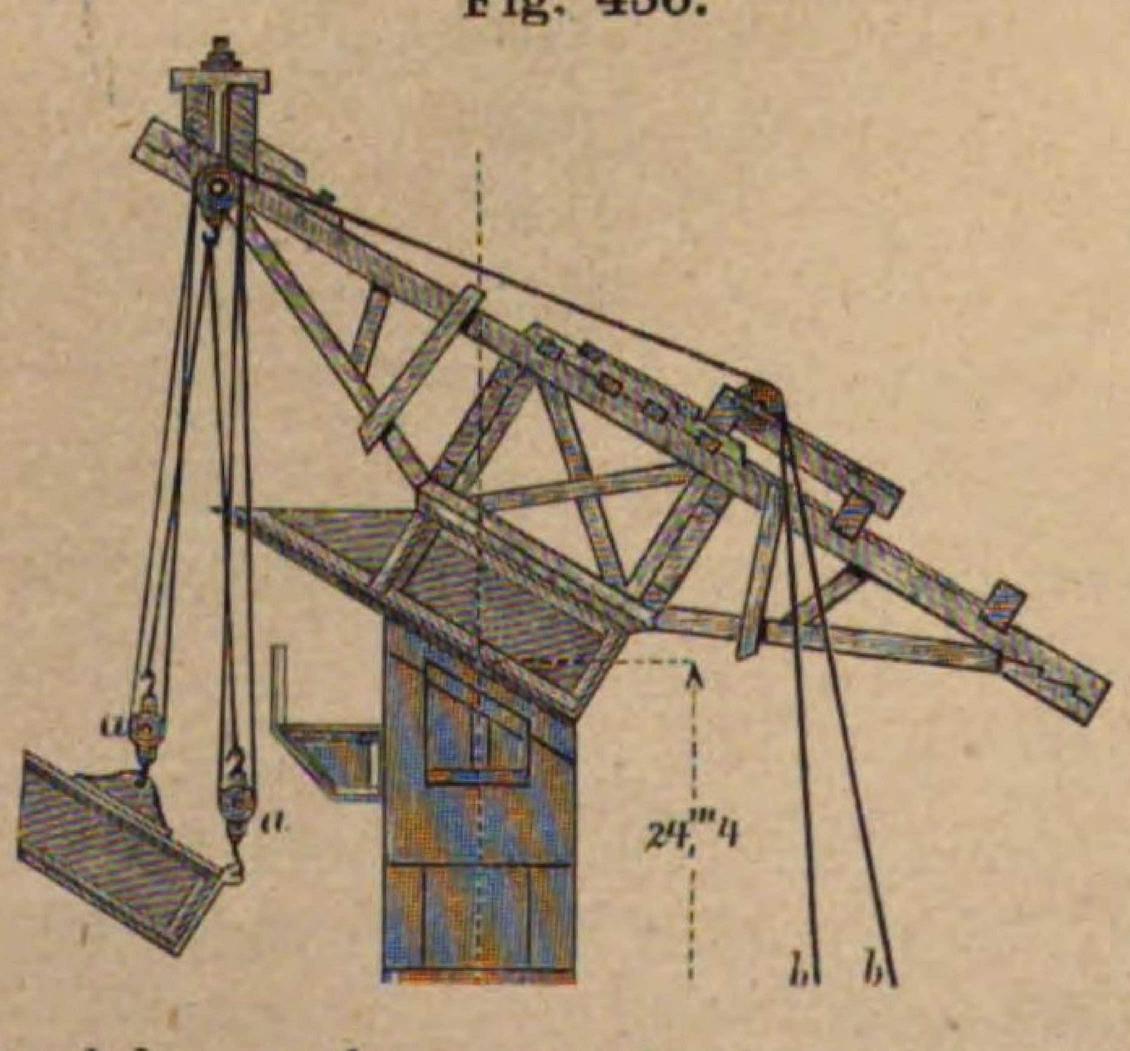
Fig. 435.



Den Stand jeder Säule, in Bezug auf ihre Höhenlage untersuchte man nach jeder Hebung von 30 bis 50 Centim., und wurden etwa vorkommende Differenzen sogleich ausgeglichen, um ungleiche Drücke auf die Gerüste zu vermeiden. Anfänglich arbeiteten 3, dann 4, 5 und zuletzt 6 Mann an jedem Hebel der 64 Stück Schrauben; denn das zu hebende Gewicht des ganzen Säulenkranzes war sehr bedeutend und betrug im letzten Stadium ca. 1600000 Kilogramm. Das obere Deckblech des Zugringes wurde erst aufgebracht, nachdem die Säulen fertig aufgestellt waren, damit man das Gewicht desselben, ca. 171500 Kilogr. nicht mitzuheben brauchte. Dagegen wurde die äussere Ringwand mit den radialen Verbindungsblechen schon dann eingesetzt, als der Zugring über den Hebegerüsten hervorragte. Die ganze Hebung der Säulen betrug 21,72 Meter und wurde diese Arbeit am 8. Juni Nachmittags begonnen, am 29. August Abends beendet, sie dauerte daher $82^1/_4$ Tage.

Für die Montirung des Druckringes *b*, Fig. 425 und Fig. 1, **Blatt 12**, wurde in der Mitte der Rotunde, während des Hebens der Säulen, ein eigenes Gerüst erbaut, auf dem der Druckring ruhte. An dem letzteren waren schon kurze Ansätze für die Radialsparren angenietet, so dass diese später leicht mit den Ansätzen verbunden werden konnten; vor dem Aufheben mussten aber die Radialsparren durch angeschraubte Hölzer und übergelegte Zugstangen von 2 Centim. Durchmesser seitlich armirt werden, weil sonst, wegen der geringen Seitensteifigkeit, der Sparren hätte einknicken können. Jeder mit der Armirung ca. 15250 Kilogr. schwere Radialsparren hing beim Aufziehen an jedem Ende, der Sicherheit wegen, in zwei Flaschenzügen, obgleich je ein solcher genügt hätte. Auf die unteren Flaschenzüge, kam bei der schrägen Lage der Sparren ein Gewicht von ca. 9750, auf die oberen 5500 Kilogr., daher waren die Seile der unteren Flaschenzüge, bei einem Durchmesser von 6,3 Centim., 5fach, die der oberen 4fach angewendet.

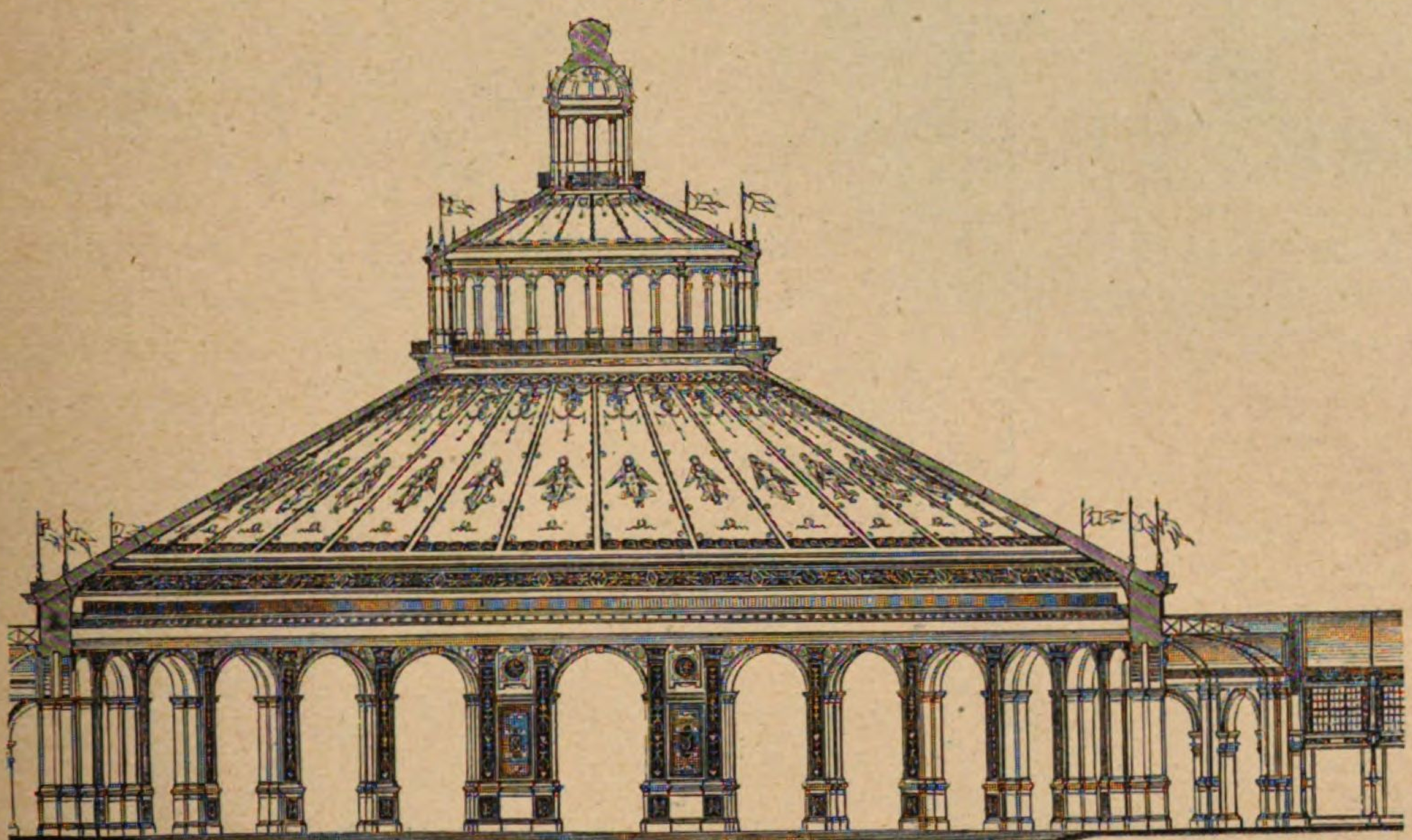
Fig. 436.



Das auf dem Zugringe laufende Hebegerüst zum Aufziehen des unteren Sparrenendes ist in Fig. 436 angedeutet; *a* sind die Flaschenzüge, *b* die Seilenden, welche nach unten laufen und über entsprechende Windevorrichtungen gelegt sind. Es

waren 6 Stück solche Gerüste vorhanden und wurden hiermit die 30 Stück Sparren in 20 Tagen aufgezogen und versetzt. Damit der Druckring centrisch blieb, wurden anfänglich 2 gegenüberliegende Sparren zugleich gehoben und darauf die ersten 6 Stück in gleiche Abstände vertheilt. Gleich nach der Hebung sind die Radialsparren mit dem Druck- und Zugringe vernietet und provisorisch mit Holzringen ausgesteift, bis die Dacheindeckung ausgeführt war und die eisernen Spannringe angebracht werden konnten.

Fig. 437.



Die schwersten, durch den Walzprocess hergestellten Einzeltheile zu den Constructionstheilen der Rotunde wogen 518 Kilogr., und betrug das Gewicht der schwersten Constructionsstücke, die aus den Werkstätten auf den Bauplatz transportirt wurden, höchstens 6100 Kilogr.; im Ganzen waren zu der Rotunde 821273 Stück Nieten und 15392 Stück Schrauben erforderlich, für die 2002728 Stück Löcher zu bohren waren.

Der Durchschnitt Fig. 437 zeigt die architektonische Ausbildung des Innern der Rotunde.

§. 76. Construction der gothischen Dächer aus Schmiedeeisen.

In neuerer Zeit sind auch mehrfach schmiedeeiserne Dachstühle für Kirchen ausgeführt worden, und zwar in Bezug auf Billigkeit mit so günstigem Erfolge, dass gegenüber den hölzernen Dachstühlen bedeutende Ersparnisse erzielt wurden.

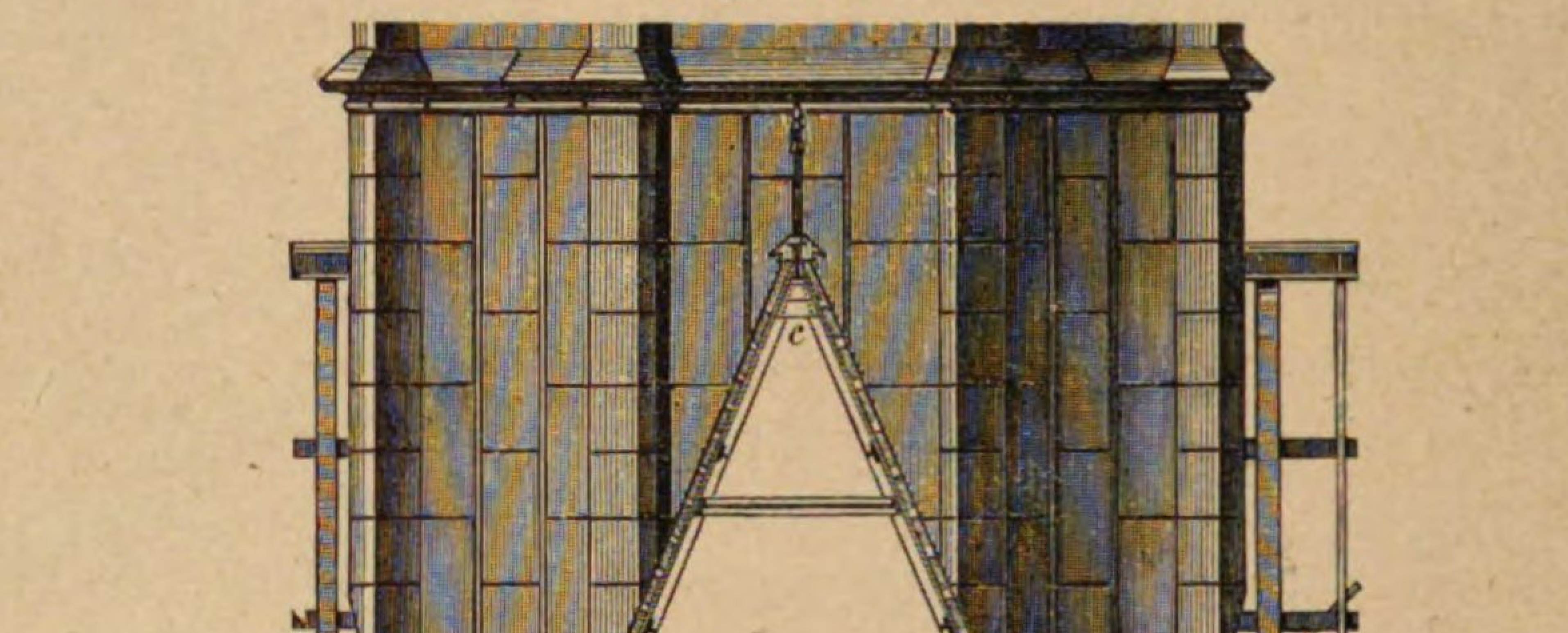
Berücksichtigt man noch die geringe Dauer der hölzernen Dachstühle, so wird es in unserer Zeit gewiss nicht mehr gerechtfertigt sein, solche für Kirchen oder überhaupt für Monumentalbauten noch ferner auszuführen, denn es ist ja bekannt genug, wie rasch ein Gebäude zerstört wird, wenn das schützende Dach schadhaft geworden ist und die inneren Räume den Einflüssen des Wetters ausgesetzt sind. Weit mehr ist aber noch die Feuergefährlichkeit bei den Dachstühlen aus Holz zu berücksichtigen, denn wie die Erfahrung gelehrt hat, sind viele herrliche Baudenkmale des Mittelalters durch Blitzschlag und Brand zu Grunde gegangen, da beim Zusammensturz der schweren Holzverbände, die schwachen Gewölbekappen, von gewöhnlich nur ca. 16 Centim. Dicke, keinen Widerstand leisten konnten und daher der Brand in das Innere der Kirchen verpflanzt wurde.

Das erste schmiedeeiserne Kirchendach in Deutschland ist im Jahre 1860 für den **Dom** zu **Cöln** nach **Voigtels***) Entwurf von der **Maschinenbau-Actiengesellschaft** zu **Cöln** unter

*) Mitgetheilt von dem Herrn Dombaumeister und Baurath **Voigtel** in Erbkam's Zeitschrift f. Bauwesen 1862. S. 487.

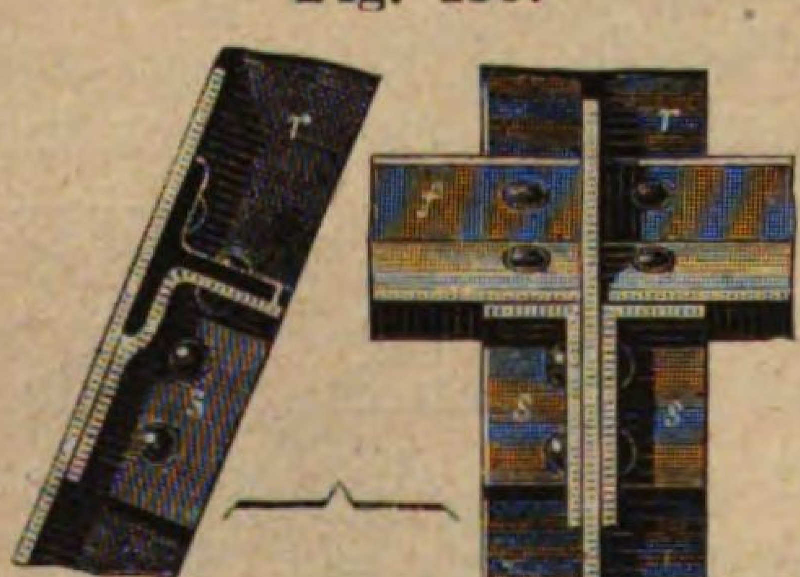
Leitung der Ingenieure **Schulz** und **Gerber** ausgeführt. Die Ansicht eines Binders zeigt Fig. 438 und es wurden für das Lang- und Querschiff, deren Gesammtlänge im First 115,5 Meter beträgt, 32 Stück solche Binder in Entfernungen von ca. 3,77 Meter auf-

Fig. 438.



gestellt; dieselben sind in jeder Dachfläche durch 9 Stück Fetten aus T-Eisen mit einander verbunden. Auf diesen ca. 1,57 Meter von einander abstehenden Fetten ruhen Sparren aus 4,5 Centim. starkem Quadrateisen, die in 70,6 Centim. Abstand angebracht und mittelst Schrauben auf dem Flantsch der T-förmigen Fetten befestigt sind.

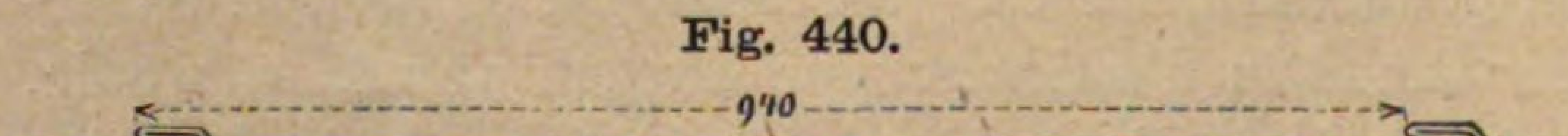
Fig. 439.



Zur Verbindung der Fetten *f* mit den Bindersparren *r*, Fig. 439, dienen die gusseisernen Stühle *s*, die sowohl mit den Bindersparren, wie mit den Fetten vernietet resp. verschraubt sind. An einem Ende haben die Fetten längliche Schraubenlöcher erhalten, damit bei Temperaturwechsel ungehindert eine Längenänderung eintreten kann.

Die aus trockenen tannenen Brettern von 3,3 Centim. Dicke bestehende Dachschaalung ist auf den quadratischen Sparren, welche durchbohrt sind, mit 6 Millim. starken Holzschrauben befestigt, wobei zwischen je 2 Brettern 10,5 Centim. Zwischenraum gelassen ist. Das Dach wurde mit Walzblei eingedeckt, dessen Gewicht pro □Meter 25,4 Kilogr. betrug. Die Bleitafeln sind nach Fig. 440 mit doppelten Falzen unter einander verbunden und vermittelst angelötheter Haften auf der Dachschaalung befestigt.

Fig. 440.



Jeder Binder besteht, wie Fig. 438 zeigt, aus einem grossen Spitzbogen, der unten durch eine 3,9 Centim. starke Zugstange zusammengehalten wird; mit diesem sind die Bindersparren durch T-Eisen und Blech zu einem festen System verbunden. Die T-Eisen haben 10,5 Centim. Höhe und 12,4 Centim. Flantschbreite, bei einer Eisenstärke von 1,3 Centim., wobei die Verbindungsbleche 1 Centim. stark sind. Das Detail des Binder-

Fig. 441.

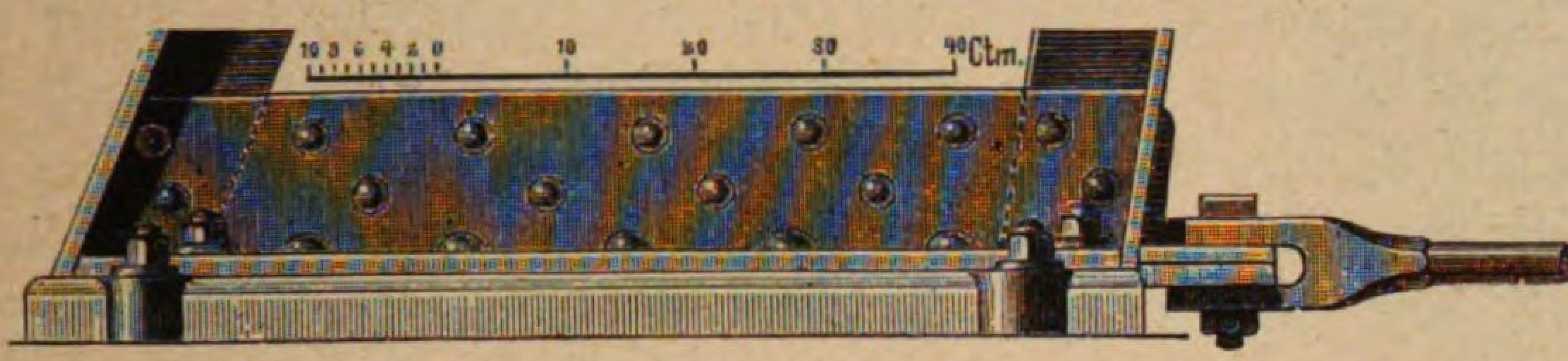
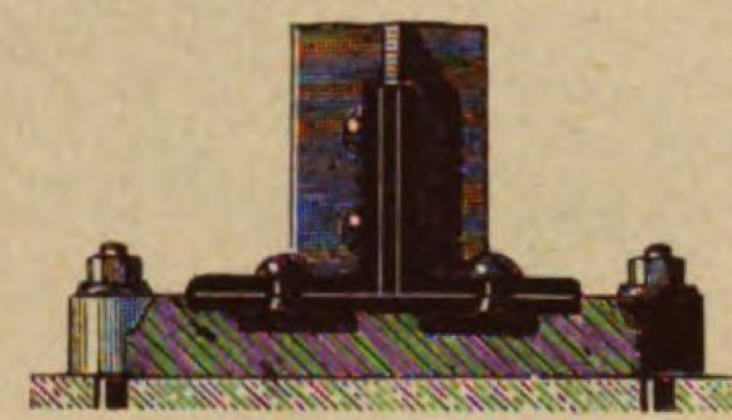


Fig. 442.



fusses *a* Fig. 438 ist in Fig. 441 in der Ansicht und in Fig. 442 im Querschnitte dargestellt, woraus ersichtlich ist, dass die Binder auf gehobelten gusseisernen Unterlagsplatten stehen und durch angegossene Leisten gegen seitliche Verschiebung gesichert sind. Die Verbindung des Kehlbalkens mit dem Scheitel des Spitzbogens bei *b* Fig. 438 giebt

Fig. 443.

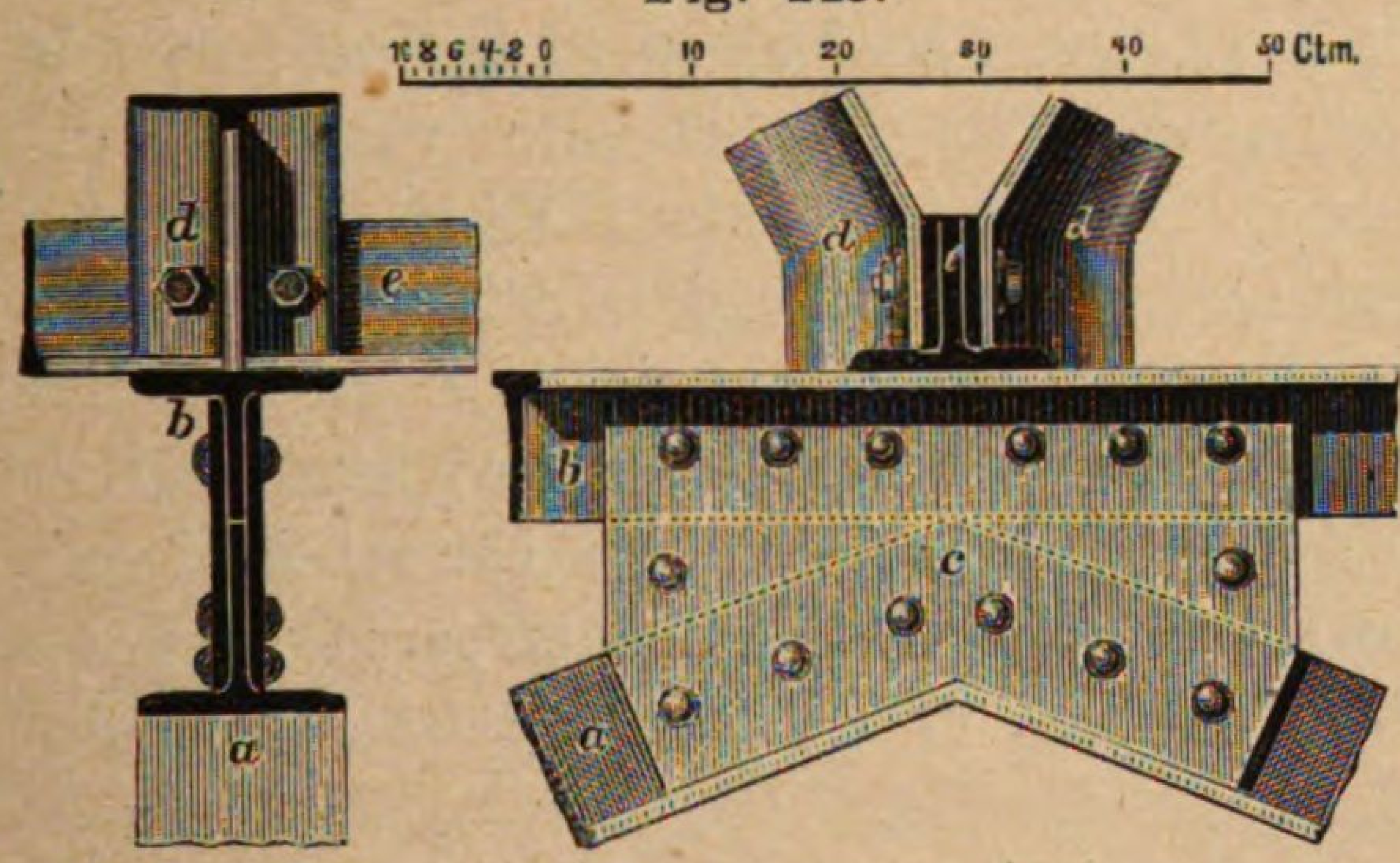


Fig. 444.

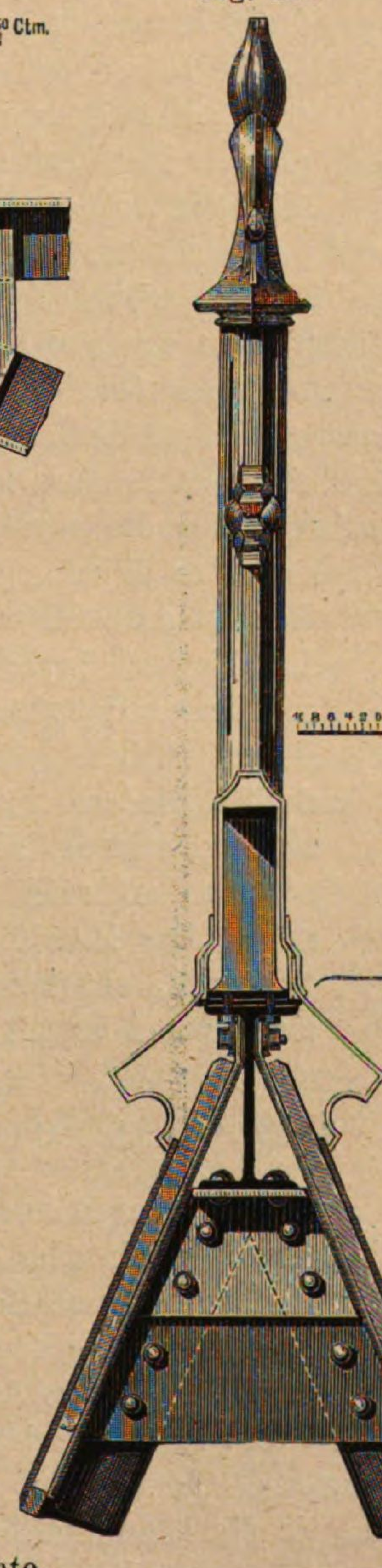
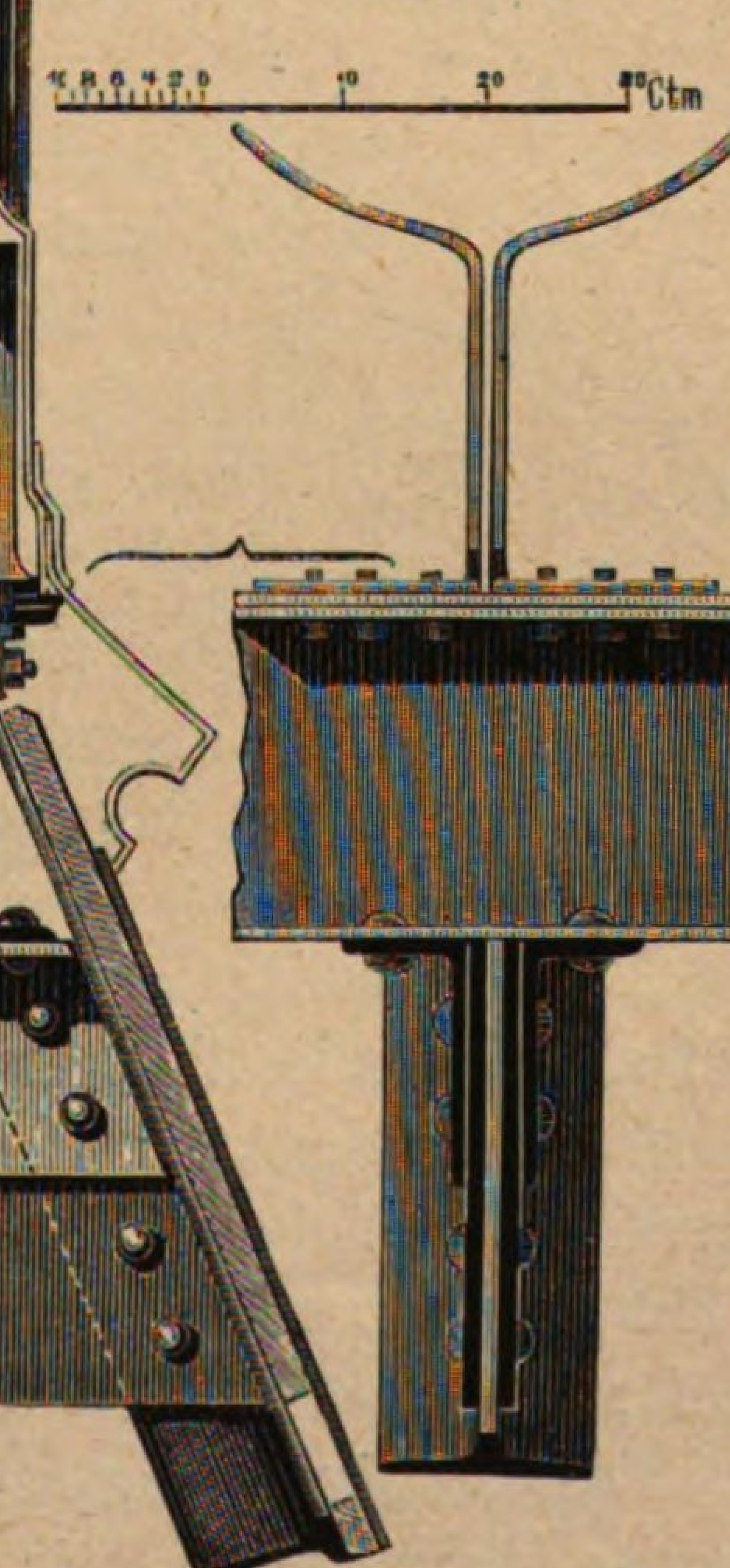


Fig. 443 in der Ansicht sowie im Querschnitte. Zwei Deckbleche *c* sind auf die T-Eisen des Spitzbogens *a* und des Kehlbalkens *b* aufgenietet, wodurch beide Theile miteinander vereinigt werden; oberhalb des Kehlbalkens gehen 2 T-Eisen gegen die Binderstreben und ist zwischen denselben ein anderes T-Eisen *e* befestigt, welches den Längenverband im Scheitel des Spitzbogens bildet. Im First ist die Verbindung der beiden Bindersparren ebenfalls durch doppelte Deckbleche bewirkt und ist hier, nach Fig. 444 und 445, zwischen den Sparren ein Längenträger aus I-Eisen von 23,5 Centim. Höhe und 1 Centim. Flantsch- und Stegstärke befestigt, auf dessen oberer Flantsche die gebogenen Flacheisen zur Absteifung des 1,25 Meter hohen Dachkammes aufgeschraubt sind. Die Ornamentik des Dachkammes besteht aus Zinkguss mit Wandstärken von 5 Millim., in dessen Innern die gebogenen Flacheisen, Fig. 445, mit Asphalt festgegossen wurden. Diese Asphaltausfüllung war namentlich desshalb nothwendig, damit ein electro-chemischer Zersetzungsprocess zwischen Zink und Eisen nicht stattfinden konnte.

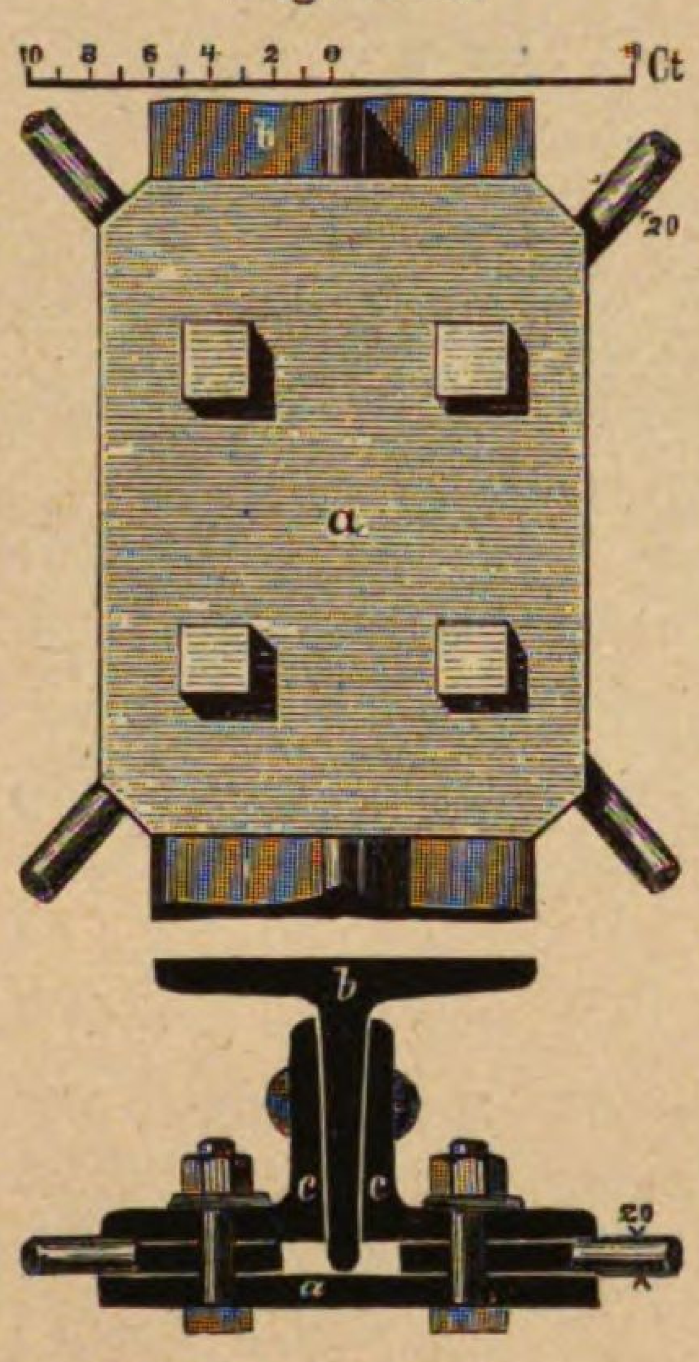
Fig. 445.



In der Kreuz-Vierung des Daches sind noch 4 starke Gratsparren aufgestellt, die oben einen gusseisernen Balken tragen, der zwischen je zwei Pfeilern des Mittelthurmes eingespannt ist, um dem Thurm die nöthige Absteifung zu geben.

Als Windverstrebung zwischen je 2 Bindern dienen die in Fig. 438 mit *d* bezeichneten Diagonalen aus Rundeisen von 2 Centim. Durchmesser, deren Verbindung mit den Bindersparren Fig. 446 näher erläutert, es sind nämlich an dem Bindersparren *b* die beiden Winkeleisen *c* angenietet, an deren einen Schenkel die diagonalen Zugstangen vermittelst Schraubenbolzen und der Deckplatte *a* befestigt werden konnten.

Fig. 446.

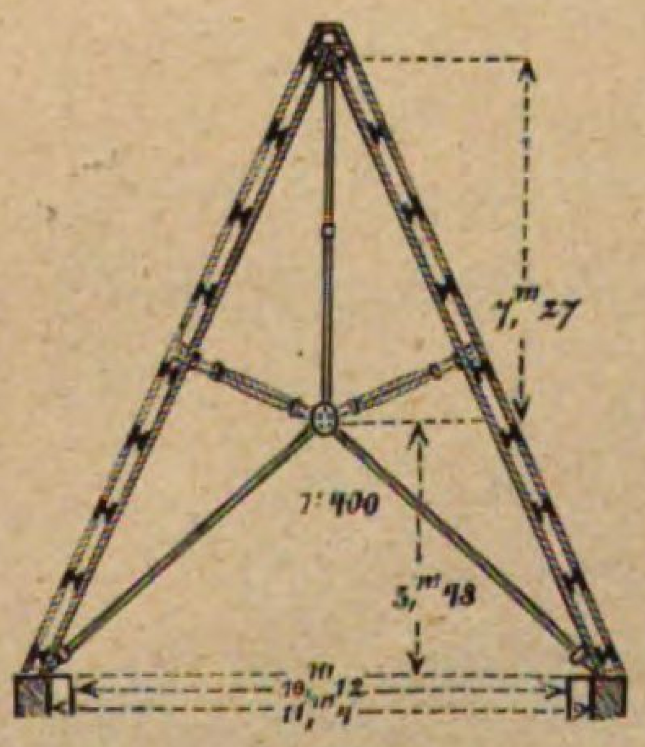


Das Gewicht des ganzen Dachgerüstes beträgt an Gusseisen 10835 Kilogr., an Schmiedeeisen 169644 Kilogr., und wurde für das fertig montirte Dach pro Ctr. (50 Kilogr.) Gusseisen 11,1 Mark, pro Ctr. Schmiedeeisen 22,35 Mark bezahlt, wobei bemerkt werden muss, dass sämmtliche Gerüste und Geräthe, welche zur Aufstellung des Daches erforderlich waren, von der Bauverwaltung geliefert wurden.

Mit der Verschaalung und Bleieindeckung kostete das Dach fertig hergestellt pro □ Meter Dachfläche 42,33 Mark; oder pro lfd. Meter Dach 1402,54 Mark. Das Chordach von gleichen Querschnittsabmessungen, wurde im Jahre 1824 aus Tannenholz mit gleicher Bleieindeckung ausgeführt und kostete pro lfd. Meter Dach 1838 Mark; das eiserne Dach stellte sich also pro lfd. Meter um 435,46 Mark billiger als das hölzerne, abgesehen von dem Umstande, dass die Holzpreise von 1824 bis zum Jahre 1860 erheblich gestiegen waren. Man hätte bei diesem sonst sehr zweckmässig construirten eisernen Dache aber noch mehr ersparen können, wenn man die Leersparren anstatt aus Quadrateisen aus ⊓-Eisen construirt hätte, da diese wesentlich leichter ausgefallen wären.

Ein anderer Kirchendachstuhl aus Schmiedeeisen wurde im Jahre 1870 von dem Civilingenieur Herrn **Leyser** für die vom Herrn Oberbaurath **H. v. Ferstel** erbaute **Votivkirche** zu Wien entworfen und in der **Sigl**'schen Maschinenfabrik daselbst ausgeführt. Fig. 447 zeigt einen Binder des Daches über dem Hochschiffe, der nach dem System Polonceau construirt ist und dessen Hauptstreben aus gewalzten **I**-Eisen von 23,7 Centim. Höhe bestehen. Zwischen den in ca. 6 Meter Entfernung aufstellten Bindern sind in jeder Dachfläche 9 Stück **I**-förmige Fetten befestigt und ist dieses Dach mit Schiefer in zwei Farben eingedeckt, während die Eindeckung der Seitenschiffe aus Blei besteht. Das Mittelthürmchen dieser Kirche, ebenfalls aus Eisen construirt, entwickelt sich aus den Diagonalgespärren der Kreuzvierung und ist mit Blei verkleidet.

Fig. 447.



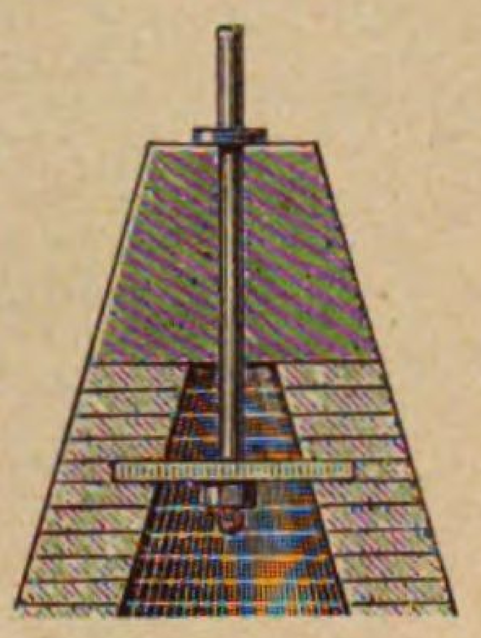
§. 77. Construction der eisernen Thürme.

Bei rationeller Construction der Helmspitzen für Kirchthürme kann es nur noch fraglich sein, ob dieselben aus Haustein oder Ziegel massiv gemauert, oder ob sie aus Eisen construirt werden sollen, denn hölzerne Helmspitzen haben aus dem Grunde keine constructive Berechtigung, weil sie in der Regel nicht billiger werden als eiserne, dabei aber selbst bei Anwendung guter Blitzableiter doch der Gefahr ausgesetzt sind vom Blitze getroffen und durch Brand zerstört zu werden.

Die massiv gemauerten Helmspitzen verdienen in Bezug auf Solidität gewiss den Vorzug, doch belasten sie die Thurmfundamente sehr stark und sind desshalb für manche localen Verhältnisse nicht ausführbar. Wenn solche Helmspitzen aus Ziegel gemauert

werden, legt man gewöhnlich die Ziegelschichten mit Abtreppung horizontal in Cementmörtel und deckt die Pyramide oben mit einem Haustein ab, wobei zur Befestigung des Kreuzes eine mit einem Bundringe versehene schmiedeeiserne Stange, durch ein entsprechendes Loch des Steines gesteckt und nach Fig. 448 mittelst eines eingemauerten eisernen Querbalkens unter demselben festgeschraubt wird.

Fig. 448.



Der Thurm der von dem Architekten Herrn **Orth** ausgeführten **Zions-Kirche** *) zu Berlin mag hier als Vorbild einer schön und kühn construirten Helmspitze erwähnt werden. Dieser 67 Meter hohe Thurm ist bis zur Spitze massiv aus Backsteinen aufgeführt und hat die Umfassungsmauer im unteren Geschosse eine Stärke von 1,1 Meter, während die ca. 20 Meter hohe Pyramide nur 13 Centim. stark in horizontalen Schichten mit Abtreppung aufgemauert ist. Der Baugrund unter dem Thurme ist nicht stärker belastet als derjenige unter den Fundamenten der 22,6 Meter hohen Umfassungsmauern des Hauptschiffes, welche nur 68 Centim. dick, jedoch an den Widerlagern durch innere Vorlagen um 26 Centim. verstärkt sind. Die Belastung des Baugrundes beträgt hier pro □ Meter 30215 Kilogr., eine Last die der feste berliner Sandboden mit vollkommener Sicherheit tragen kann. Im Allgemeinen liegt die zulässige Belastung der verschiedenen Arten des Baugrundes in den Grenzen von 1500 bis 38000 Kilogr. pro □ Meter. Bei schlechtem Baugrunde und auch bei fettem Lehmboden, der bei grosser Trockenheit Risse bekommt und ein ungleichmässiges Setzen veranlasst, ist es sehr zweckmässig, die Fundamente auf eine entsprechend breite und hohe Sandschicht zu stellen, die in der Baugrube durch Aufgiessen von Wasser festgeschlämmt ist. Diese Sandschicht darf dann ohne Bedenken mit ca. 30000 Kilogr. pro □ Meter belastet werden. Die Höhe solcher Sandschüttungen beträgt je nach der Schwere des darauf stehenden Bauwerkes 0,7 bis 2,0 Meter und muss der zu verwendende Sand grobkörnig, kiesig und scharfkantig sein.

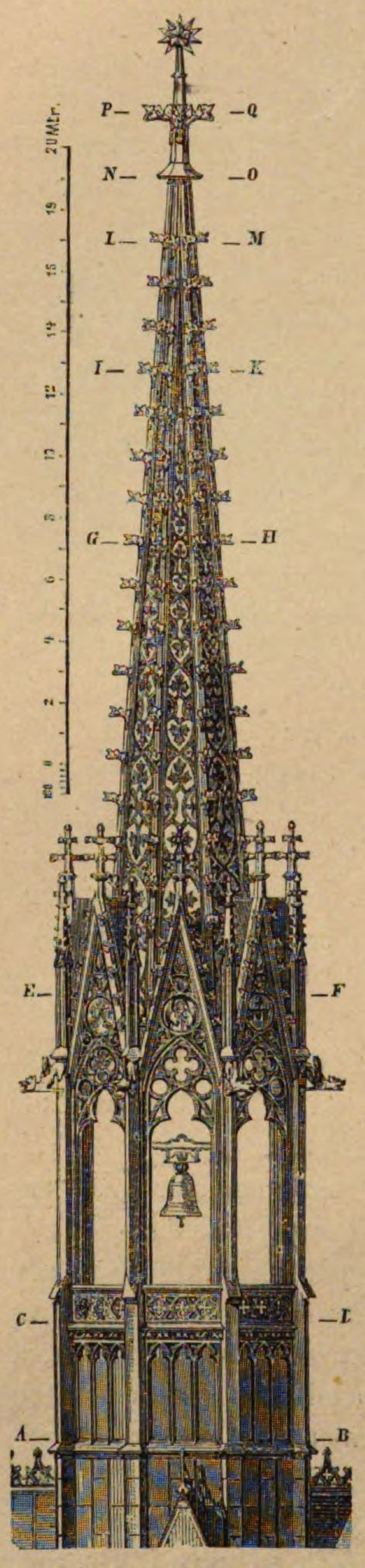
Die eisernen, mit Kupfer, Blei oder Zink verkleideten Helmspitzen werden namentlich dann angewendet, wenn die unteren Mauern des Thurmes zu schwach sind, um massiv gemauerte Helme tragen zu können. Obgleich eiserne Thürme schon etwa seit dem Jahre 1840 in Deutschland zur Ausführung gekommen sind, so mag hier doch zuerst der aus Eisen construirte Mittelthurm über der Vierung (Kreuzung des Lang- und Querschiffes) des **Domes** zu **Cöln** besprochen werden. Derselbe wurde im Jahre 1859 von **Voigtel** **) entworfen und im folgenden Jahre von der **Maschinenbau-Actien-Gesellschaft** zu **Cöln** ausgeführt. Von einem Massivbau musste man aus dem Grunde Abstand nehmen, weil die vier Transeptpfeiler (aus Trachyt vom Drachenfels bestehend) von einem solchen aus dem leichtesten Steinmaterial mit äusserst beschränkten Dimensionen, doch noch pro □ Centim. Querschnitt mit 110 Kilogr. gedrückt worden wären, während der Trachyt nach angestellten Druckproben schon bei 152 Kilogr. pro □ Centim. Risse bekam und bei 221 Kilogr. völlig zerstört wurde. Hiernach erachtete man 40 Kilogr. pro □ Centim. als die zulässige Maximalbelastung der vier grossen Transeptpfeiler, welche Bedingung nur durch eine Eisenconstruction mit Metalleindeckung erfüllt werden konnte.

Der Thurm, dessen Ansicht umstehend in Fig. 449 dargestellt ist, hat von dem Laufgange bis zur obersten Spitze eine Höhe von 62,76 Meter und einen lichten Durchmesser von 7,845 Meter erhalten. Die vier grossen Gurtbögen des Transeptes, welche bei einer Dicke von 1,307 Meter ein Quadrat von 12,866 Meter lichter Weite einschliessen, bilden den Unterbau des eisernen Thurmes und liegen deren Scheitel mit denjenigen der übrigen Gewölbe des Mittelschiffes in gleicher Höhe.

*) Durch Zeichnungen erläutert in der **Deutschen-Bauzeitung** 1869. S. 541. Ausführlich dargestellt in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1873. S. 431; auch in selbständiger Buchform bei Ernst u. Korn in Berlin erschienen.

) Von dem Herrn Baurath und Dombaumeister **Voigtel ausführlich mitgetheilt in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1862. S. 315.

Fig. 449.



Den Grundriss des eisernen Unterbaues, worauf der Thurm ruht, giebt Fig. 450. In dem schmiedeeisernen Ring *a* sind 8 Stück Anker aus 7,8 Centim. starkem Rundeisen befestigt, welche den Seitenschub der Säulenschuhe *b* aufnehmen. Diese werden aber noch durch einen um die Schuhe gelegten Anker zusammengehalten, der so eingerichtet ist, dass er sich zwischen je 2 Schuhen durch eine Schraubenkuppelung zusammenziehen lässt. Die Binder des Lang- und Querschiffes, deren Ansicht in Fig. 438 gegeben ist, sind in dem Grundrisse Fig. 450 mit *c* bezeichnet, während *d* die Fussplatten der Gratsparren bezeichnet, wodurch der Thurm eine wesentliche Aussteifung erhält. Die Ansicht der einen Hälfte des Unterbaues ist in Fig. 451 dargestellt und beträgt der Durchmesser jeder der 8 geneigten gusseisernen Tragsäulen *d*-53,6 Centim., bei einer Wandstärke von 5,2 Centim. und einer Länge von 8,055 Meter. Diese, stehend in einer Dammgrube gegossenen Säulen wurden an ihren Enden genau abgedreht, damit die Endflächen in den ebenfalls ausgedrehten Schuhen und Köpfen vollständig zum Anliegen kamen; hierbei ist zu bemerken, dass die Kanten der Lagerflächen stark abgerundet sind, was für ähnliche Constructionen nicht empfohlen werden kann, da gerade Flächen leichter so hergestellt werden können, dass sie sich vollständig berühren; auch dürfte ein Ring aus Glanzpappe von geringer Dicke als Zwischenlage sehr empfehlenswerth sein, weil hierdurch etwaige Unebenheiten der Druckflächen vollständig ausgeglichen werden. Auf den abgehobelten Säulenköpfen Fig. 452 liegt ein **Druckring** *f*, Fig. 451, aus 26 Millim. starkem Eisenblech, der in 8 Theilen hergestellt und an den

Fig. 450.

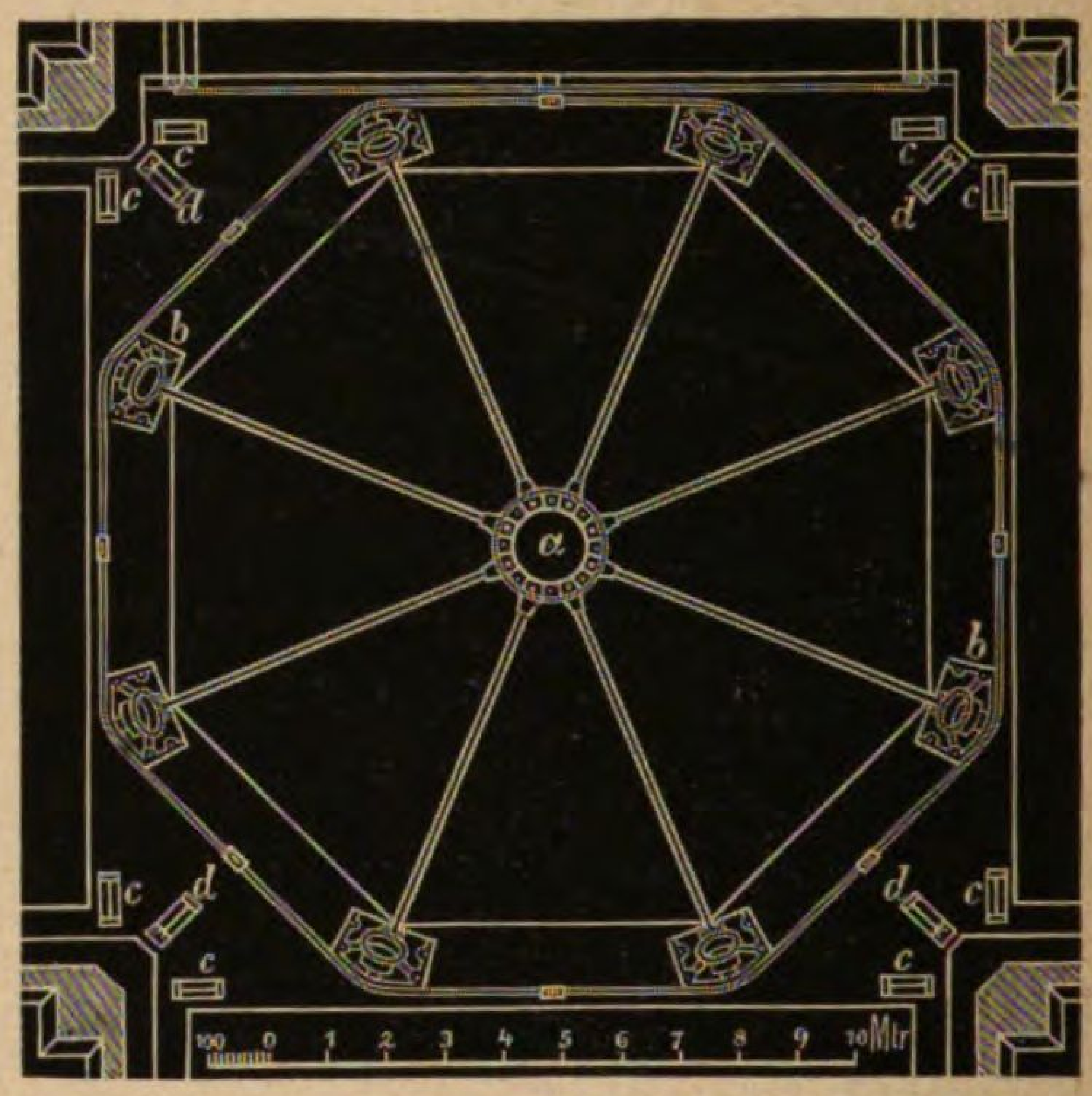
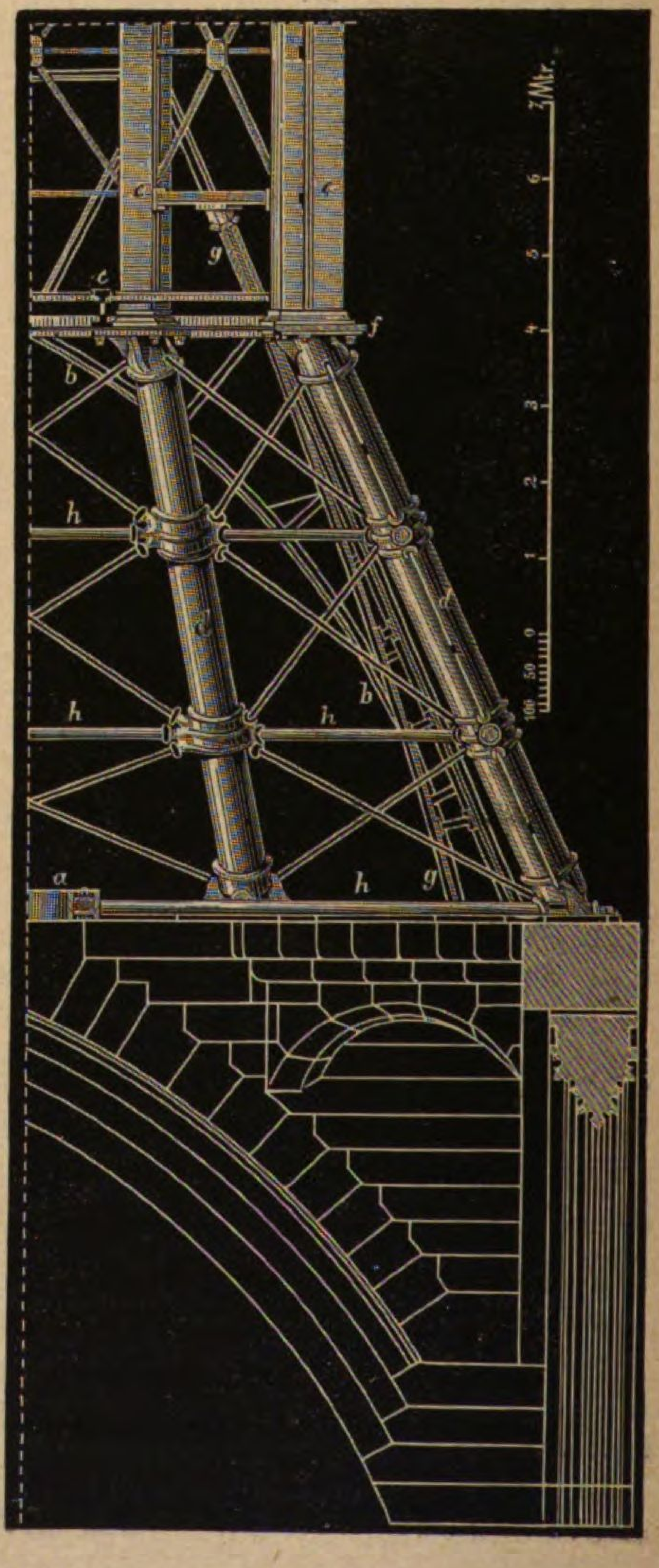


Fig. 451.



Stössen durch Deckplatten vernietet ist; dieser wird unterhalb durch 2 umlaufende Winkeleisen verstärkt, deren Stossverbindungen mit den Stössen der Blechplatten abwechseln.

In Fig. 451 bezeichnet *a* den Spannring in dem sich die 8 unteren horizontalen Anker *h* vereinigen. Zur Vermeidung einer etwaigen Ausbiegung der geneigten Säulen *d* sind dieselben noch 2 mal durch gusseiserne Muffen mit horizontalen Ankern *h* und Diagonalen zusammengehalten. Die mit *b* bezeichnete Bogenlinie ist der Tragbogen des Binders Fig. 438, während *g* den Gratsparren andeutet.

Fig. 452.

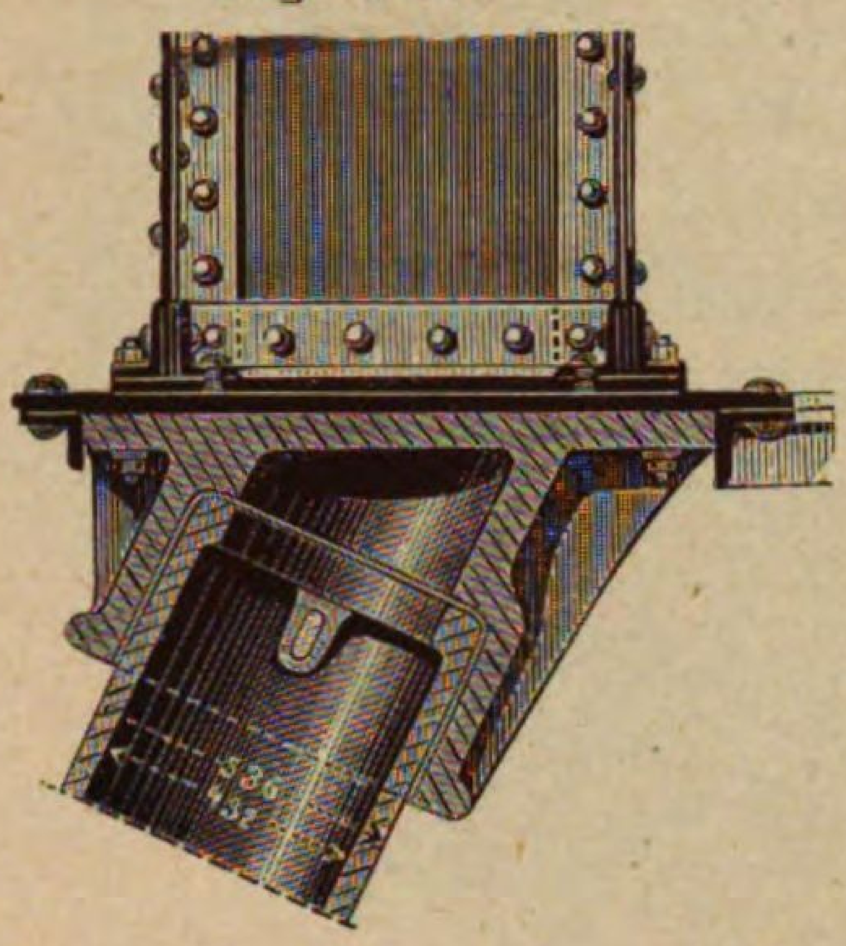
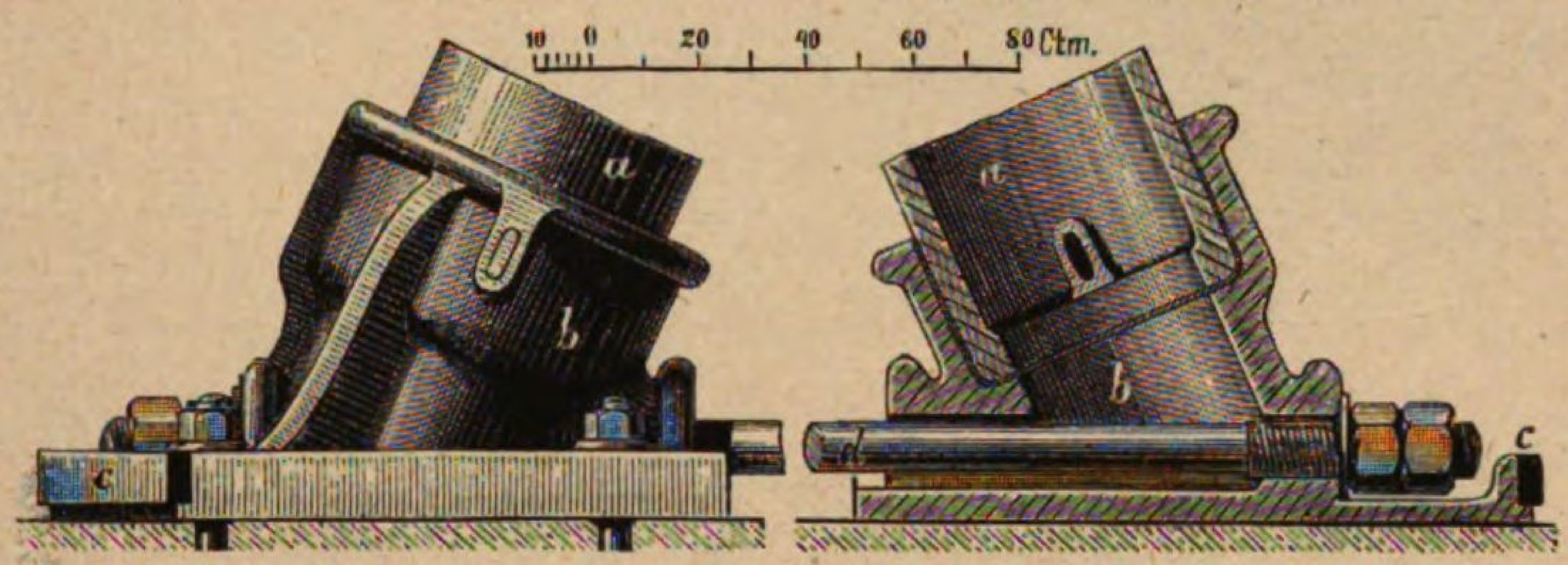


Fig. 453. Fig. 454.



Das Detail der Säulenschuhe ist in Fig. 453 in der Ansicht und in Fig. 454 im Schnitte gezeichnet. Das abgedrehte Säulenende *a* legt sich gegen den Ansatz im Schuhe *b* und wird dasselbe durch einen schmiedeeisernen Keil in dem Schuhe festgehalten. Diese Keilverbindung dürfte

Fig. 455.

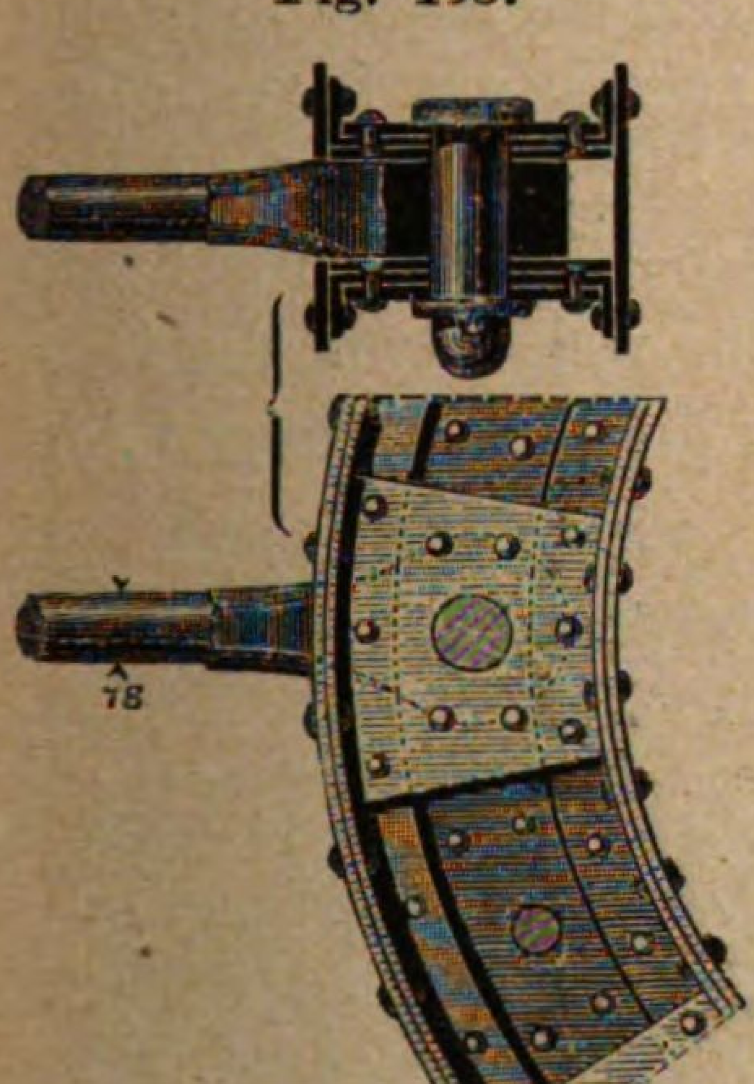


Fig. 456.

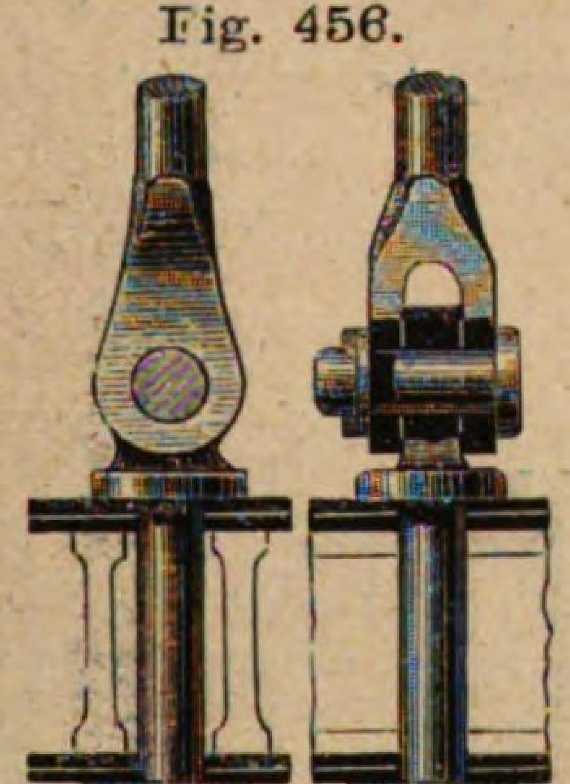
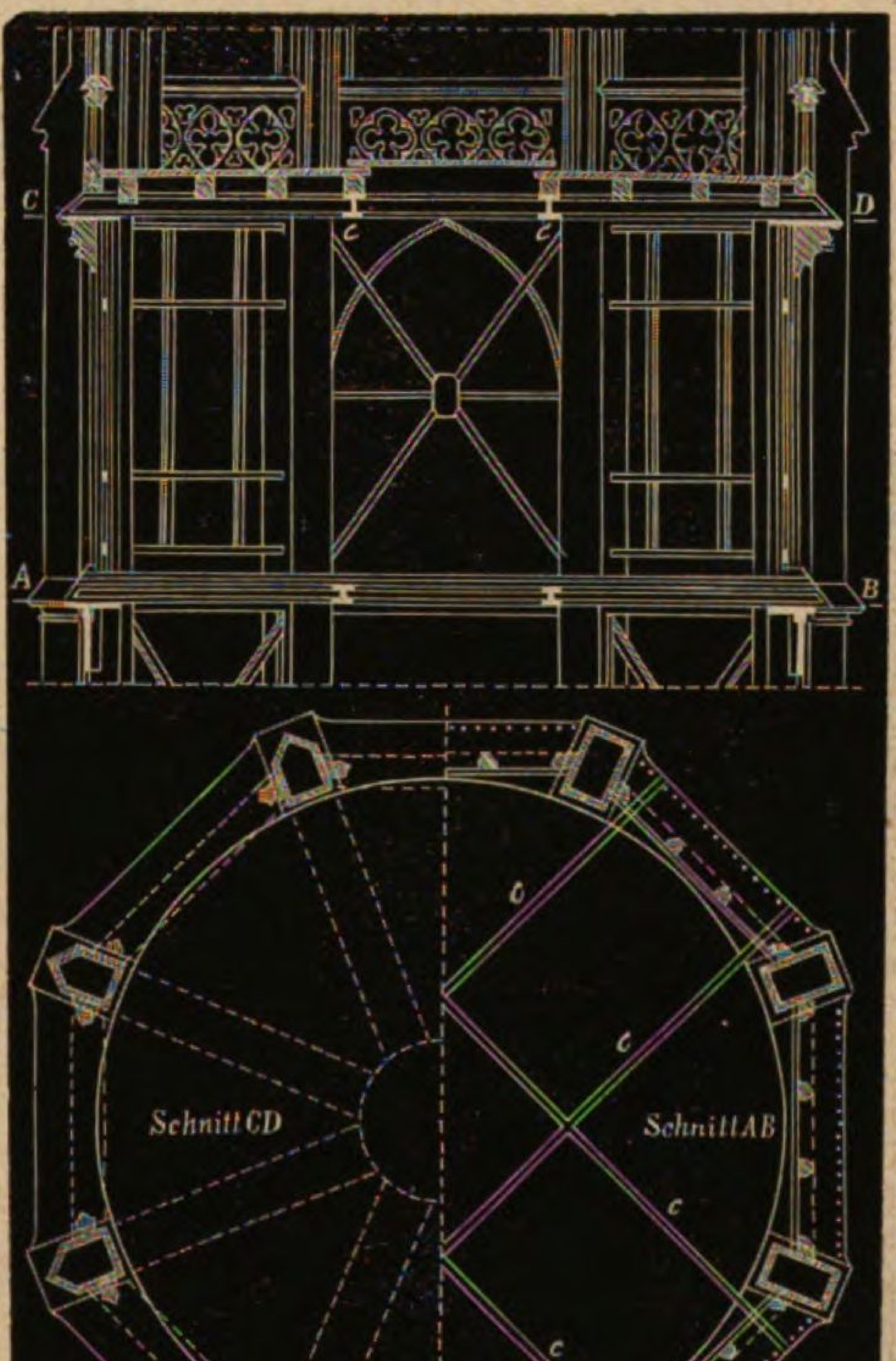


Fig. 457.



wohl überflüssig sein, da es nicht wahrscheinlich ist, dass die durch Windstoss veranlasste Schwankung des Thurmes sich bis hierher fortpflanzt und eine Bewegung der Säulen in den Schuhen und Köpfen veranlasst. Der Ringanker *c* umfasst alle Säulenschuhe; er besteht aus 8 Theilen, die je an ihren Enden rund angesetzt mit Schraubengewinde versehen und nach Fig. 450, wie bereits erwähnt, durch Schraubenkuppelungen mit einander zu einem Ganzen vereinigt sind. Die Anker *d*, Fig. 454, welche in dem Ringe *a* Fig. 450 mittelst Oehren und Bolzen befestigt

wurden, haben hinter den Schuhen eine Doppelmutter, wodurch deren Anspannung ermöglicht, und ein Losrütteln vorgebeugt wird. In Fig. 455 ist das Detail des Ankerringes im Querschnitte und im theilweisen Grundrisse gezeichnet, derselbe hat einen äusseren Durchmesser von ca. 2 Meter und wird seine Last von 4 verticalen Hängestangen getragen, die an dem Druckringe Fig. 452 aufgehängt sind. Das Detail dieser Hängeeisen zeigt Fig. 456.

Auf der Gurtungsplatte *f*, Fig. 451, stehen 8 Stück schmiedeeiserne Ecksäulen *e*, von rechteckigem Querschnitte, die bis zur zweiten Gurtung *C—D*, Fig. 449 und Fig. 457, durchlaufen; diese haben eine Länge von 12,4 Meter. Der Horizontalschnitt dieses Theils des Thurmes ist in dem Schnitte *AB*, Fig. 457 angedeutet, worin die unten aus Blechbalken oben aus **I**-Eisen bestehenden Träger der Decken mit *c* bezeichnet sind. Fig. 458 giebt das Detail des Querschnittes der unteren Ecksäulen, sowie den theilweisen Grundriss des Druckringes *f* Fig. 451 und dessen Stossplatte. Jede Säule besteht aus 4 Winkeleisen mit 3seitiger Blechbekleidung von 13 Millim. Dicke, wogegen die 4. innere Seite aus Gitterwerk gebildet ist. Untereinander sind die Säulen durch Flacheisen verbunden, die mittelst Winkeleisen daran befestigt wurden.

Fig. 458.

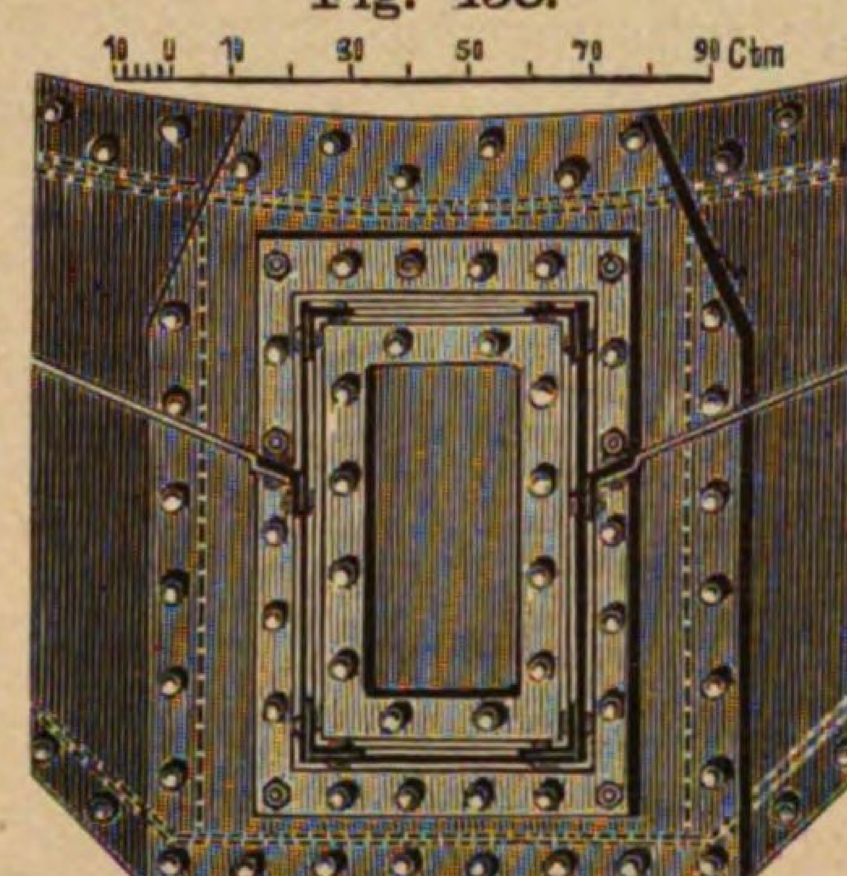
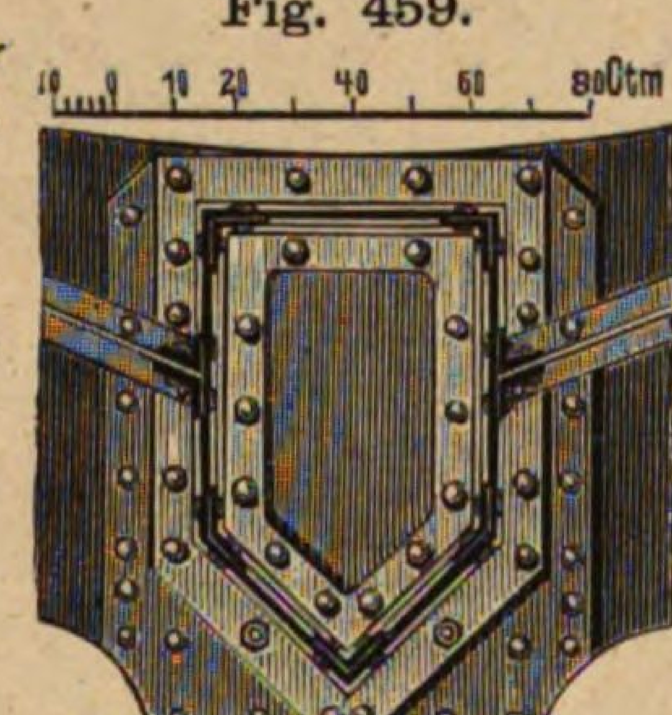


Fig. 459.



Oberhalb der Linie *C—D*, Fig. 449 und Fig. 457, haben die Säulen einen 5eckigen Querschnitt, wie aus dem Schnitte *C—D*, Fig. 457, hervorgeht. Diese Säulen stehen auf einer Gurtungsplatte *C—D*, die ähnlich gebildet ist wie der untere auf den gusseisernen Säulenköpfen liegende Druckring. Der Horizontalschnitt durch eine dieser Säulen ist in Fig. 459 dargestellt; hiernach besteht jede derselben aus 5 verticalen Winkeleisen mit 13 Millim. starker Blechbekleidung. Der Blechstärke entspricht die Stärke der Winkeleisen, deren Schenkellänge ca. 9 Centim. beträgt. An den Blechsäulen, Fig. 459, welche von der Gallerie ab freistehend die offene Thurmhülle einschliessen, sind oben die bogenförmigen An-

Fig. 460.

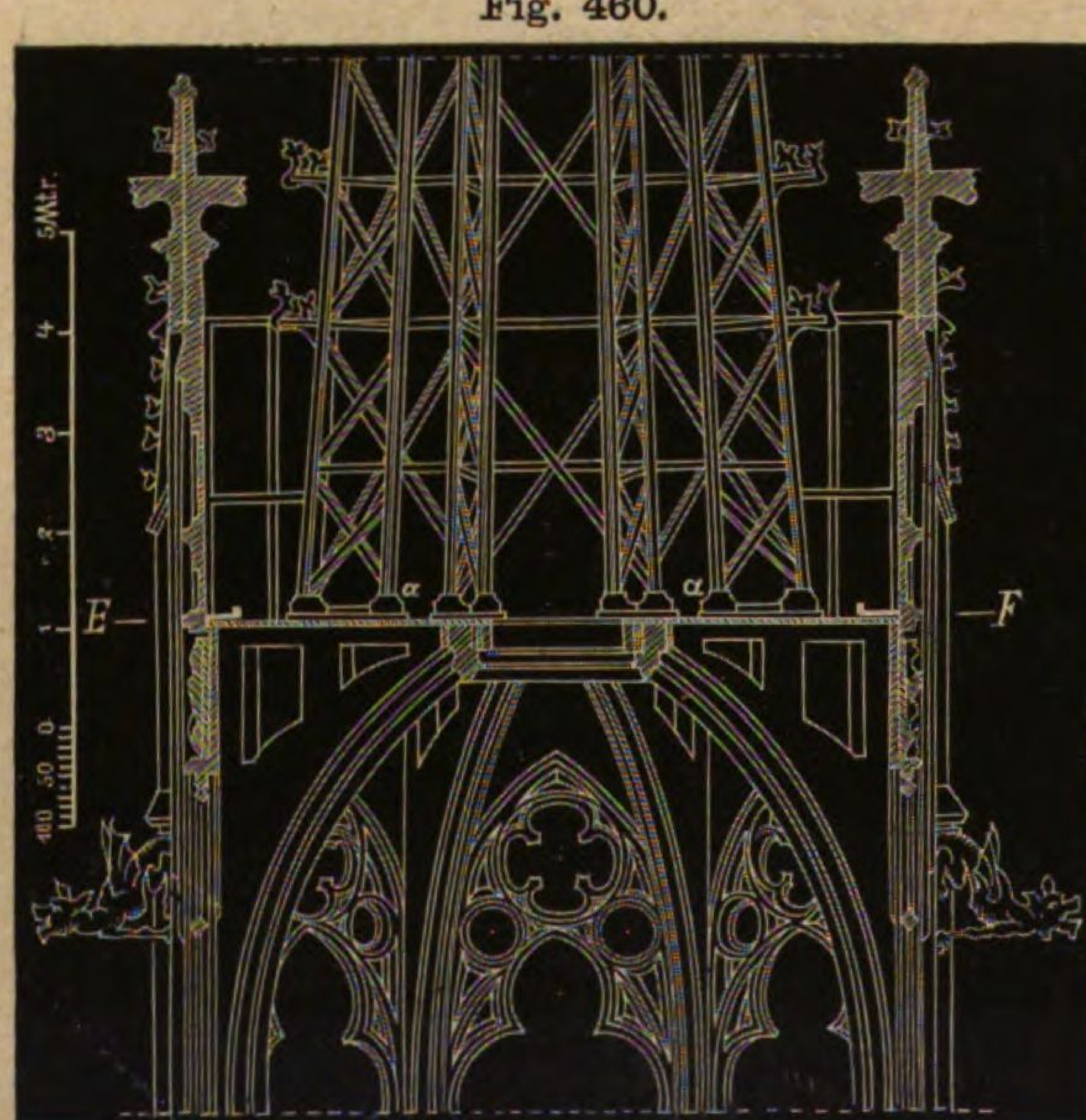
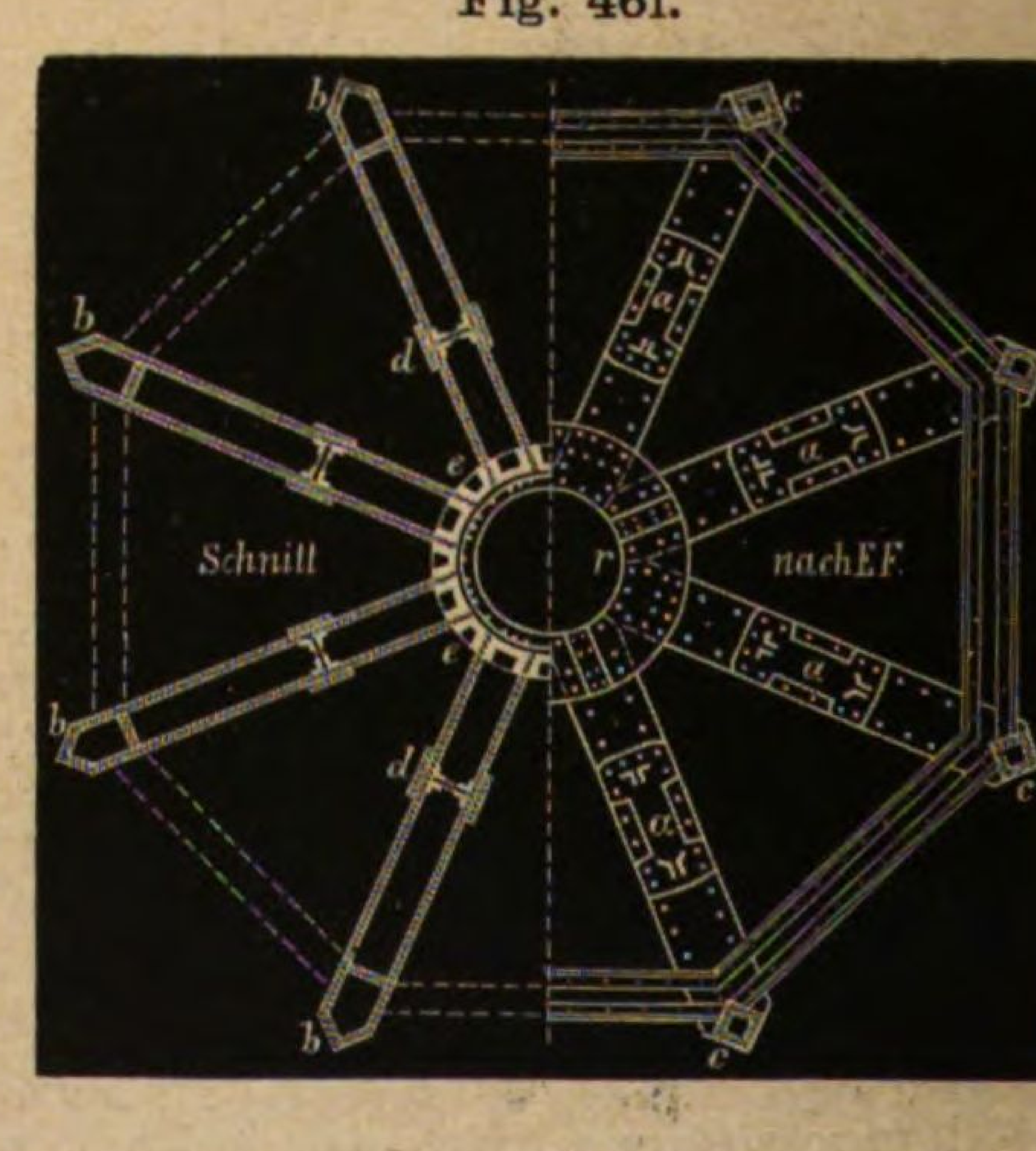


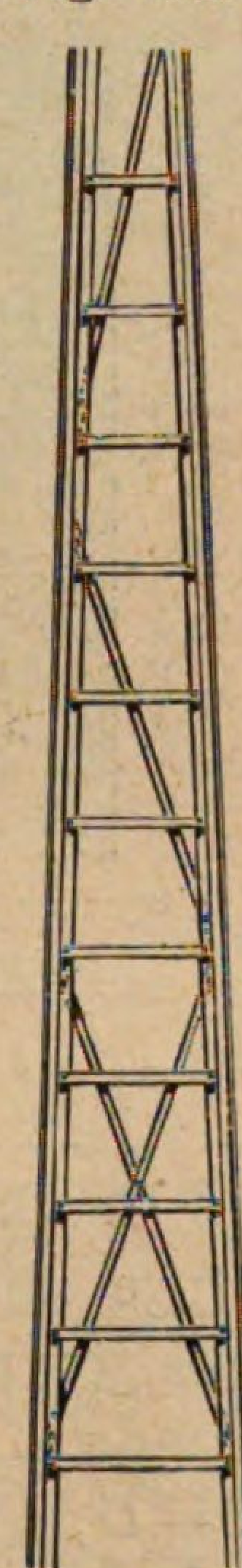
Fig. 461.



satzstücke angeschraubt, die nach Fig. 460 in einen Kranz zusammenlaufen und so den Unterbau für den bis zur Spitze 31,4 Meter hohen Thurmhelm bilden. Die linke Hälfte

des Horizontalschnittes Fig. 461 ist ein Schnitt **unterhalb** der Linie $E-F$, Fig. 449 und 460: die **rechte** Hälfte der Fig. 461 dagegen ein Schnitt oberhalb der Linie E-F. In Fig. 460 und 461 bezeichnet *a* die gusseisernen Schuhe, welche auf der oberen Gurtungsplatte aufgenietet sind und worin die Winkeleisen der 8 Stück sich nach oben verjüngenden Gitterträger stecken, welche den Thurmhelm bilden. Die freistehenden Säulen, deren Detail in Fig. 459 gegeben ist, sind mit *b* bezeichnet, die daran geschraubten Bogenstücke mit *d* und der Kranz worin sich diese vereinigen mit *e*. Bei *d* findet eine Zusammensetzung der Bogenstücke statt, durch ein zwischenstehendes Blech mit 4 Winkeleisen und durch 2 äussere Deckbleche. Die Oeffnung *r* dient zum Besteigen des Thurms und *c* sind die Schnitte durch die Thürmchen zwischen den Wimbergen.

Fig. 462.



Oben wurde bereits gesagt, dass das Gerippe des Thurmhelms aus 8 Gratsparren besteht, die je aus 4 Winkeleisen zusammengesetzt und durch Gitterstäbe mit einander in Verbindung gebracht sind. Die theilweise Ansicht einer der 8 Thurmseiten giebt Fig. 462. Die Gitterwände werden unten durch gekreuzte, oben aber nur durch einfache Diagonalen gegen Verdrehung gesichert. Aus Fig. 463 ist die Befestigung der Gratsparren auf der oberen Gurtungsplatte, Fig. 460 und 461, ersichtlich; in die gusseisernen Schuhe *a*, deren Detail Fig. 463 ist, sind nämlich die 4 Winkeleisen jedes Sparrens eingeschoben und mittelst durchgezogener Schraubenbolzen mit denselben verschraubt. Die Schenkel der inneren Winkeleisen der Gratsparren sind rechtwinklig, die äusseren aber stumpfwinklig geformt, dem 8-Eck des Thurmhelms entsprechend; ihre Schenkellänge beträgt ca. 8 Centim. bei ca. 12 Millim. mittlerer Stärke. In Fig. 464 ist ein Verticalschnitt und der halbe Horizontalschnitt im Punkte $G-H$, Fig. 449 dargestellt. Die Gratsparren sind in Abständen von je 3,14 Meter Höhe durch Flacheisen mit einander in Verbindung gebracht, in der Weise, wie es der Horizontalschnitt Fig. 464

Fig. 463.

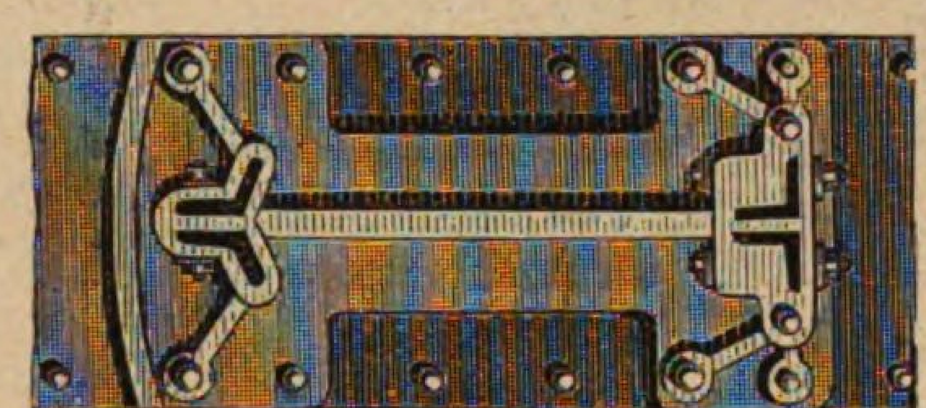


Fig. 464.

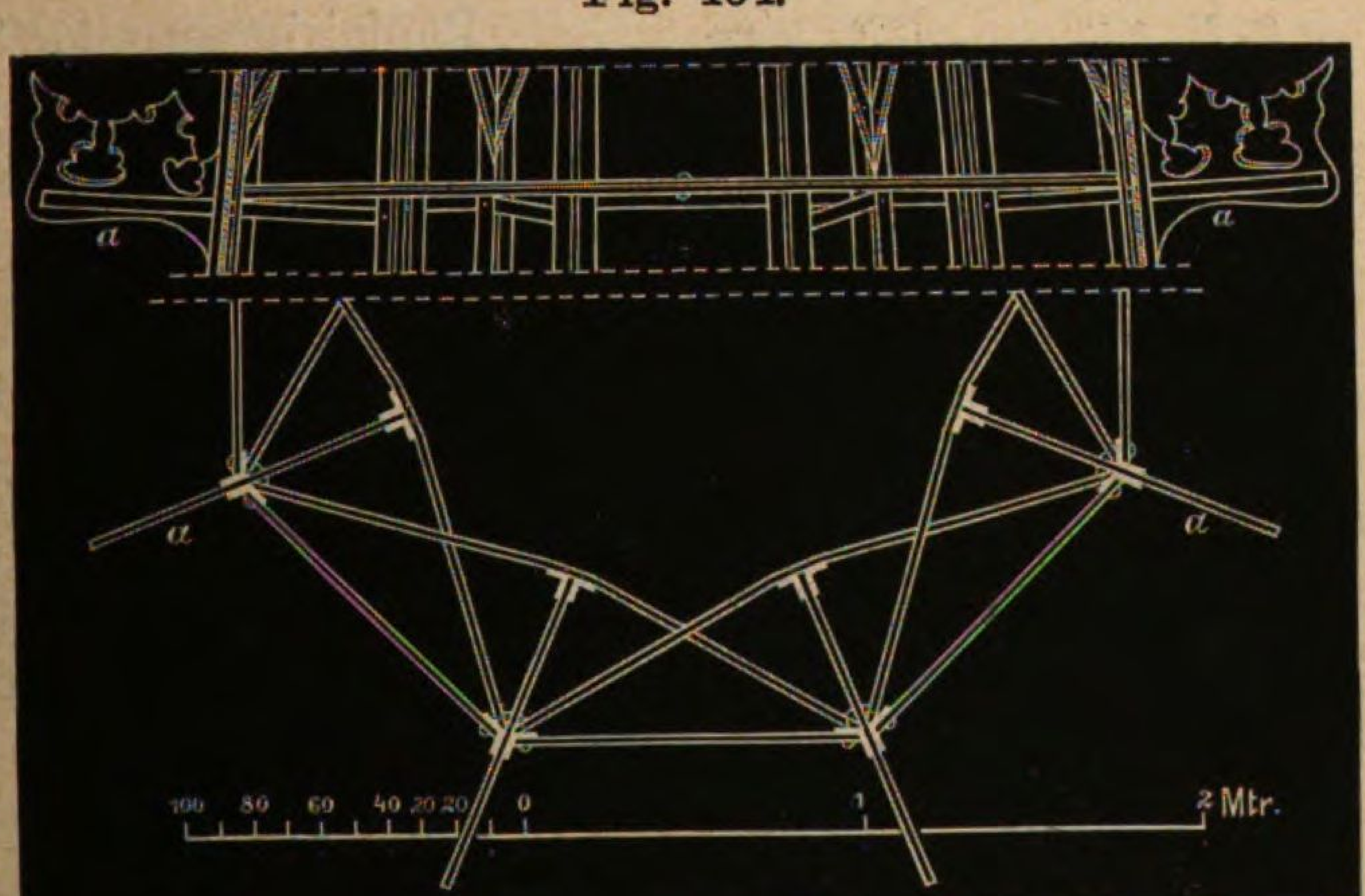
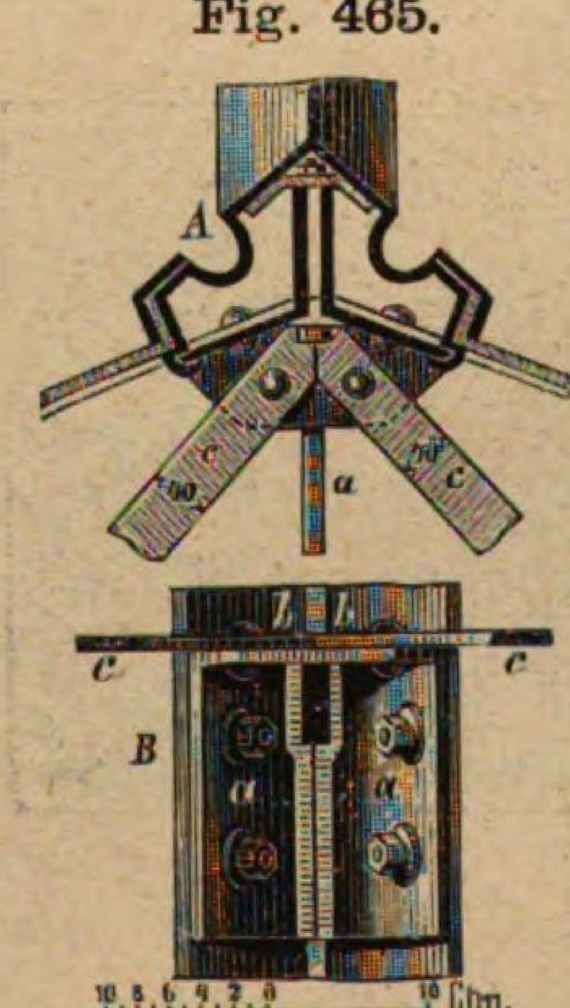


Fig. 465.



andeutet, und sind zur Befestigung der Eckornamente des Thurms, die Flacheisen *a* in etwas geneigter Lage zwischen den 4 Winkeleisen jedes Gratsparrens zwischengenietet. Das Detail eines der äusseren Eckknotenpunkte zeigt Fig. 465 im Grundrisse *A* und in der Ansicht *B*. Es sind hier an den Winkeleisen gusseiserne Stühle *a* angeschraubt, auf deren oberer Platte *b* die in Fig. 464 angedeuteten Flacheisen *c* festgenietet wurden, während die hochkantig gestellten Flacheisen *a* durch die gusseisernen Stühle hindurch gehen. Die letzteren Flacheisen haben eine Stärke von 52 × 14 Millim., die ersteren

von 40 × 10 Millim. Fig. 466 zeigt den Verticalschnitt und den halben Horizontalschnitt an der Stelle bei *I—K*, Fig. 449. Hier ist innerhalb der 8 Gratsparren ein Ring aus Winkeleisen angebracht, an den sich die Gratsparren anlehnen und sich gegenseitig abstützen, wobei sie wieder in dem äusseren 8-Eck durch Flacheisen zusammengehalten werden. Die radial gestellten Flacheisen dienen auch an dieser Stelle zur Aufnahme des Eckornamentes.

Fig. 466.

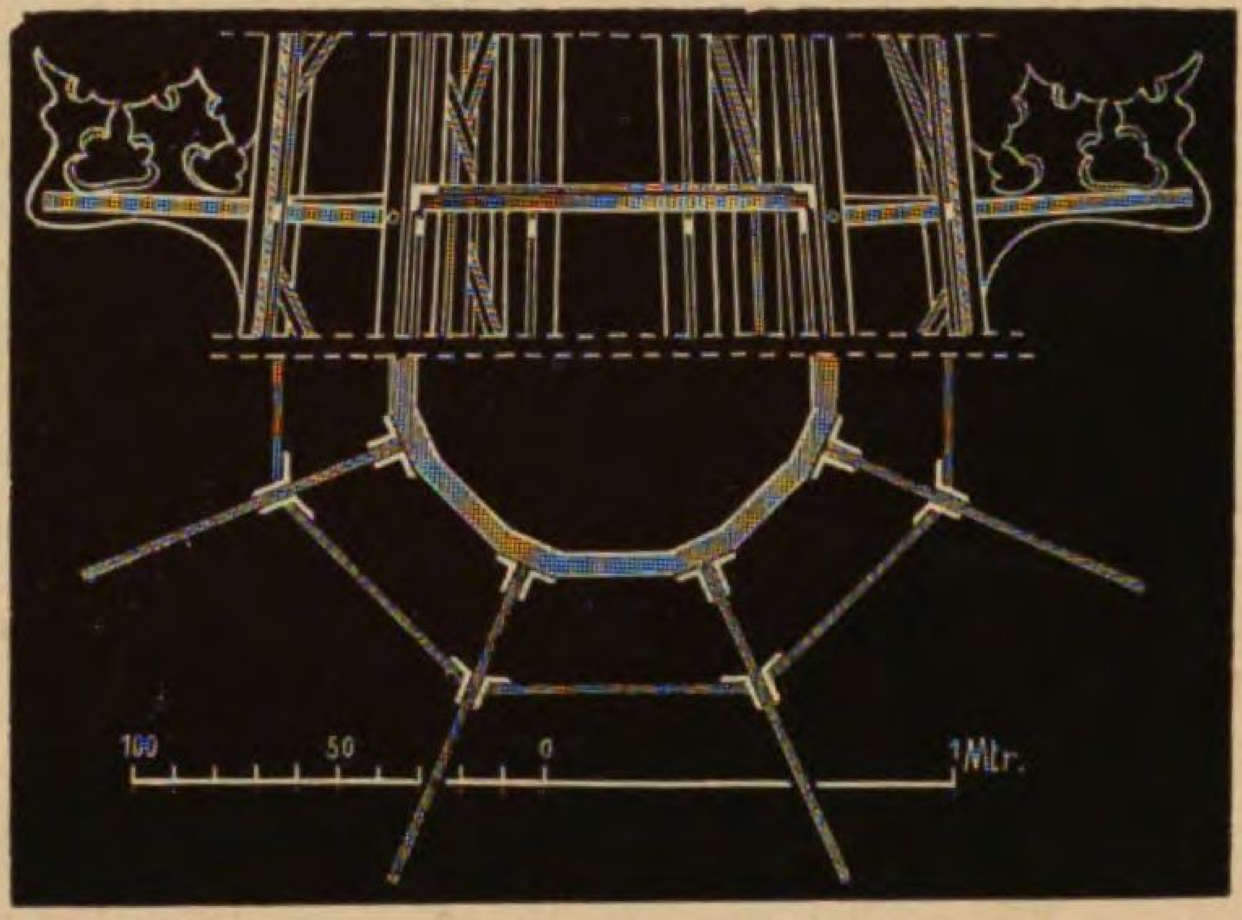
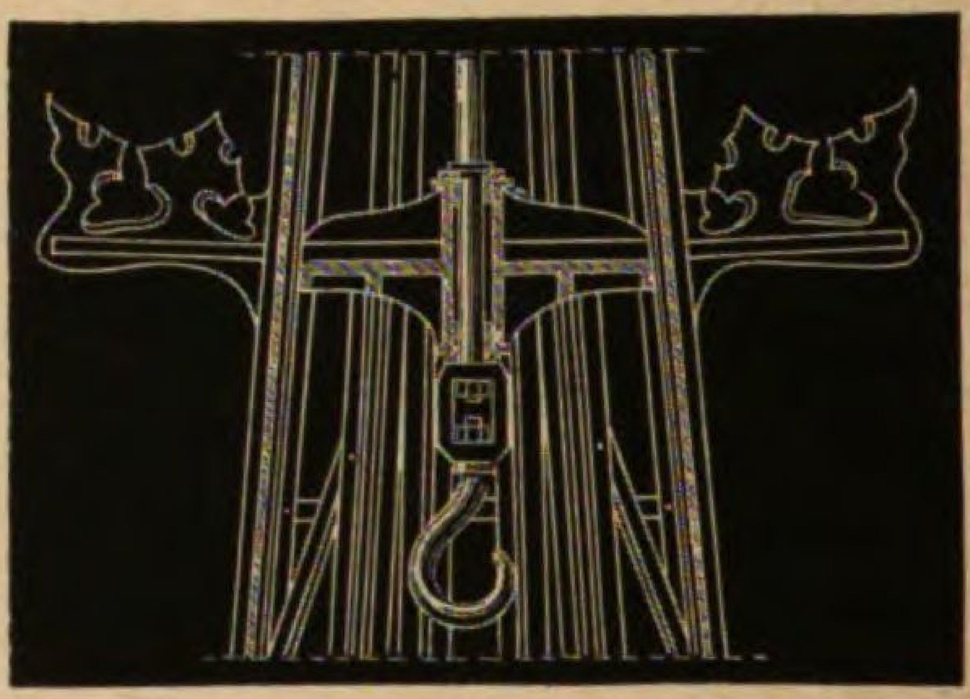


Fig. 467.



In der Höhe *L—M*, Fig. 449, tragen die inneren Winkeleisen der 8 Gratsparren einen Körper aus Gusseisen und sind mit diesem verschraubt, die äusseren Winkeleisen aber laufen höher fort, wie dies Fig. 467 andeutet, wobei sie sich an eine äussere Rippe des Gusskörpers anlehnen. Der mittlere Theil des Gusskörpers nimmt eine Rundeisenstange auf, an der mittelst Schraubenverbindung ein Haken befestigt ist, woran bei etwaiger Reparatur der Thurmspitze ein Flaschenzug zum Heben der Materialien eingehängt werden kann. Die äusseren Winkeleisen der Gratsparren endigen in dem Punkte *N—O*, Fig. 449, wie aus dem Verticalschnitte dieses Theils Fig. 468 zu entnehmen ist. Sie tragen hier den Gusskörper *a*, dessen untere Ansicht die rechte Hälfte der Fig. 469 darstellt, dessen obere Ansicht aber die linke Hälfte dieser Figur giebt. Hiernach legen sich die Winkeleisen der Sparren gegen ein von Radialrippen unterstütztes 8-Eck des Gusskospers *a* mit dem sie fest verbunden sind, während die Thurmspitze aus 8 Flacheisen gebildet wird, die in entsprechende Oeffnungen in den oberen Rippen des Gusskörpers eingeschoben und mit durchgezogenen Schraubenbolzen darin befestigt wurden. Im mittleren Theil des Gusskörpers *a*, Fig. 468, endigt die Rundeisenstange, welche mittelst Bund auf den Gusskörper Fig. 467 aufsteht; sie trägt auf ihrem oberen Bunde ein gusseisernes Rohr, was durch den Gusskörper *a*, Fig. 468, hindurch geführt wurde, um daran die äusserste Thurmspitze befestigen zu können. Die Construction dieser Spitze ist in dem Verticalschnitte Fig. 470 dargestellt. Es laufen nämlich die in dem Gusskörper Fig. 469 befestigten Flacheisen bis zu dem bei *c* Fig. 470 befindlichen Gussstücke, worin sie vereinigt sind. Durch dieses Gussstück geht auch das oben bezeichnete Rohr hindurch und wird in dem

Fig. 468.

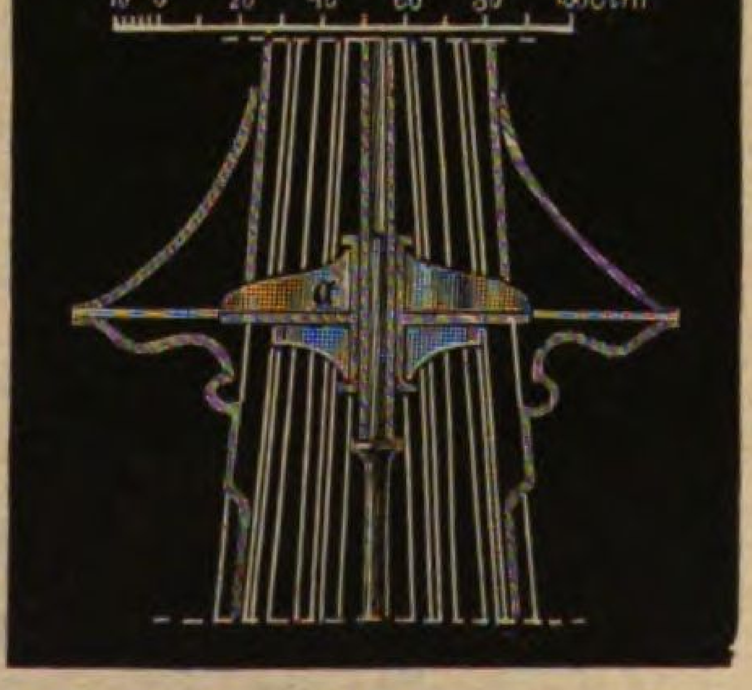
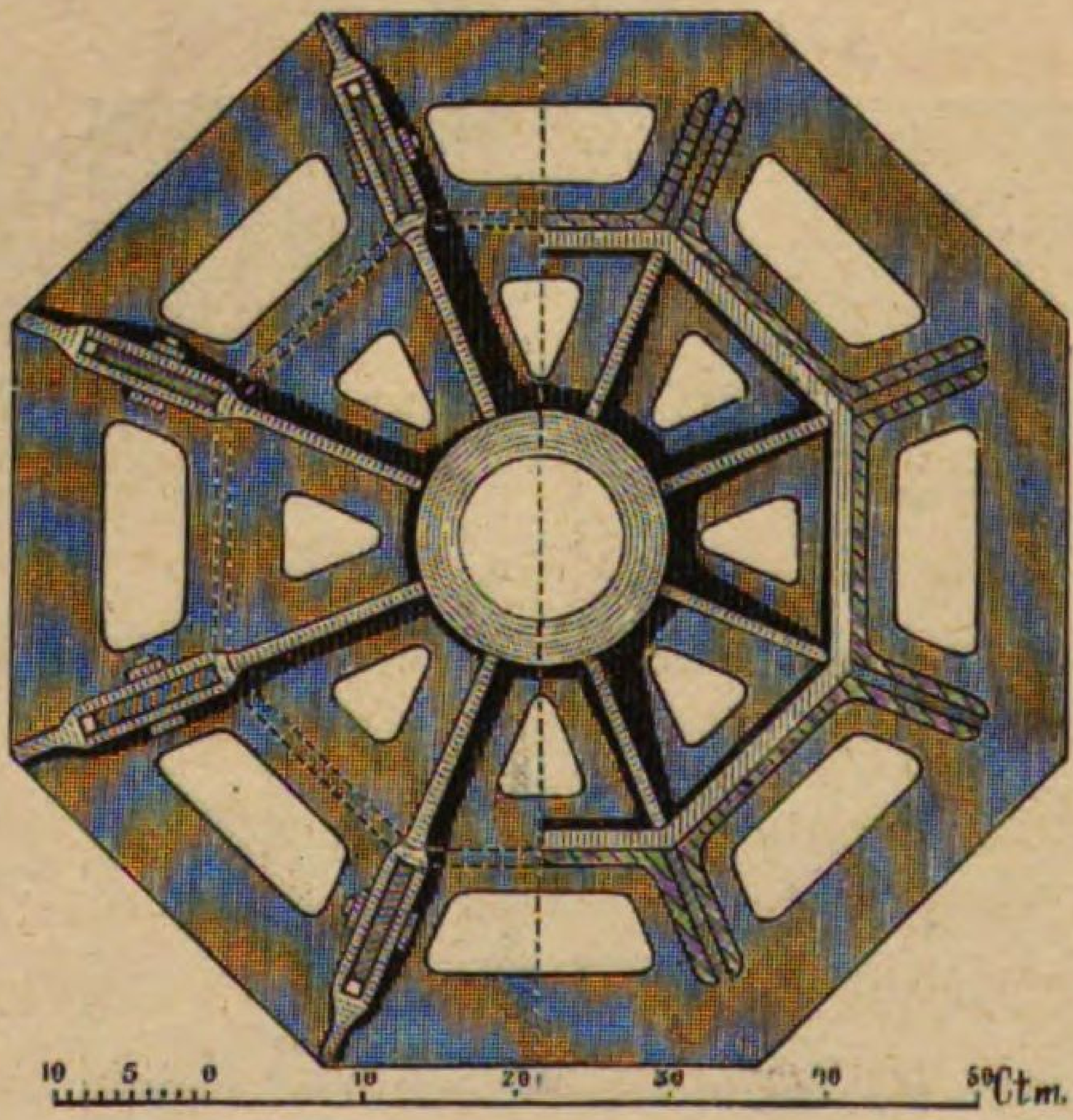


Fig. 469.



Körper noch von einem anderen Rohrende verstärkt, wie es aus dem Detail *C*, Fig. 471, näher zu ersehen ist. Um dieses Rohr wurde ein mit 4 Armen versehener schmiedeeiserner Ring gelegt, der aus 2 Flacheisen zusammengeschraubt ist und in dem die anderen beiden Arme aus Rundeisen eingeschraubt sind. An diesen Armen *c*, Fig. 470, ist die Thurmbekrönung (Kreuzblume) *P*—*Q*, Fig. 449, befestigt, in der Weise, wie es das Detail *A* Fig. 471 andeutet. Der Horizontalschnitt *B* zeigt die Zusammensetzung des Ringes. Aus dem Schnitte Fig. 470 geht hervor, dass die oberste Spitze des Thurms mit dem Stern an einem Rohrstücke festgemacht ist, welches auf das Rohr aufgeschoben wurde, was von dem Gusskörper *a*, Fig. 468, aufsteigt. Vom Fussboden der Kirche bis zur äussersten Spitze des Sterns hat dieser »Dachreiter« eine Höhe von 112,97 Meter.

Fig. 470.

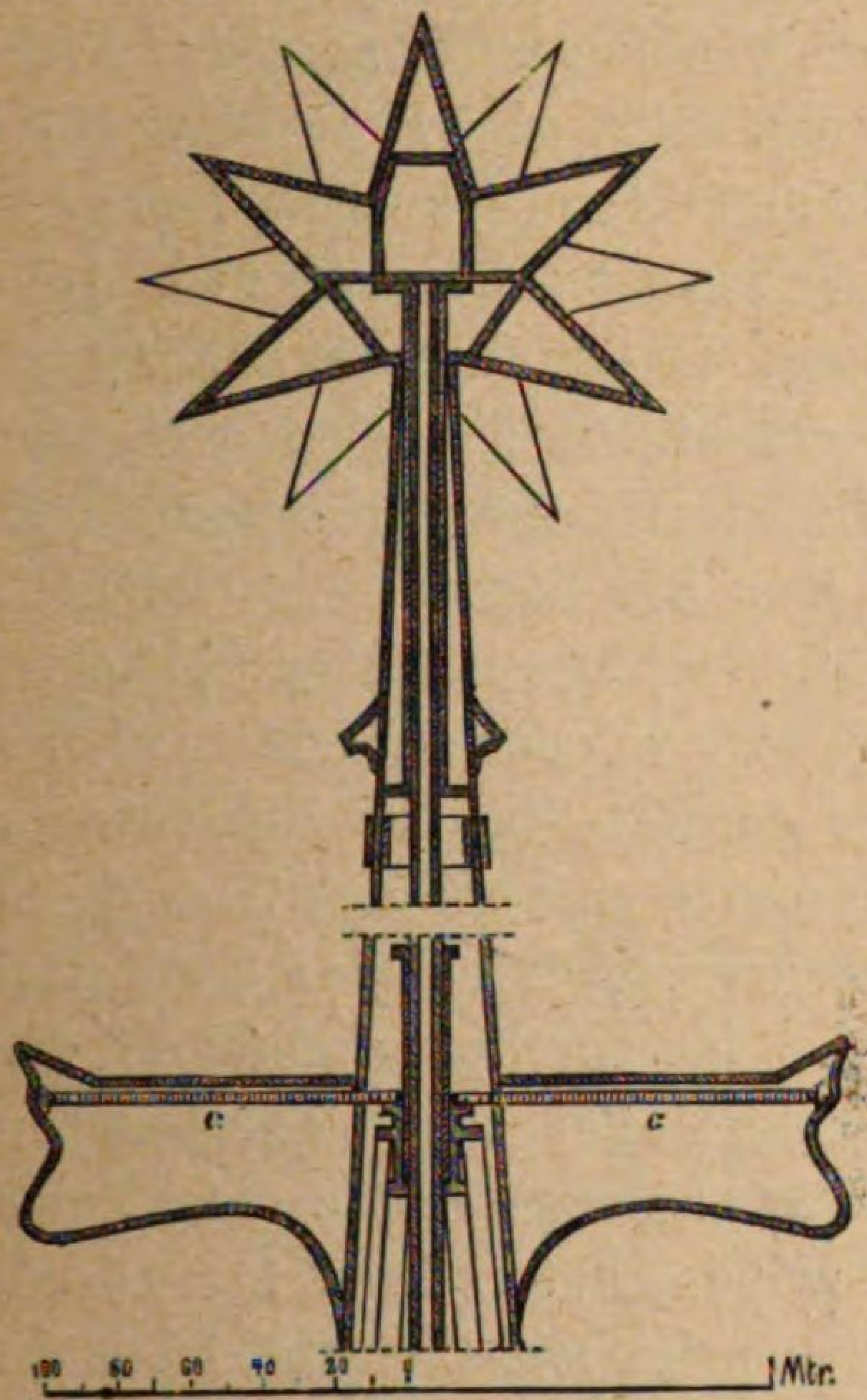


Fig. 471.

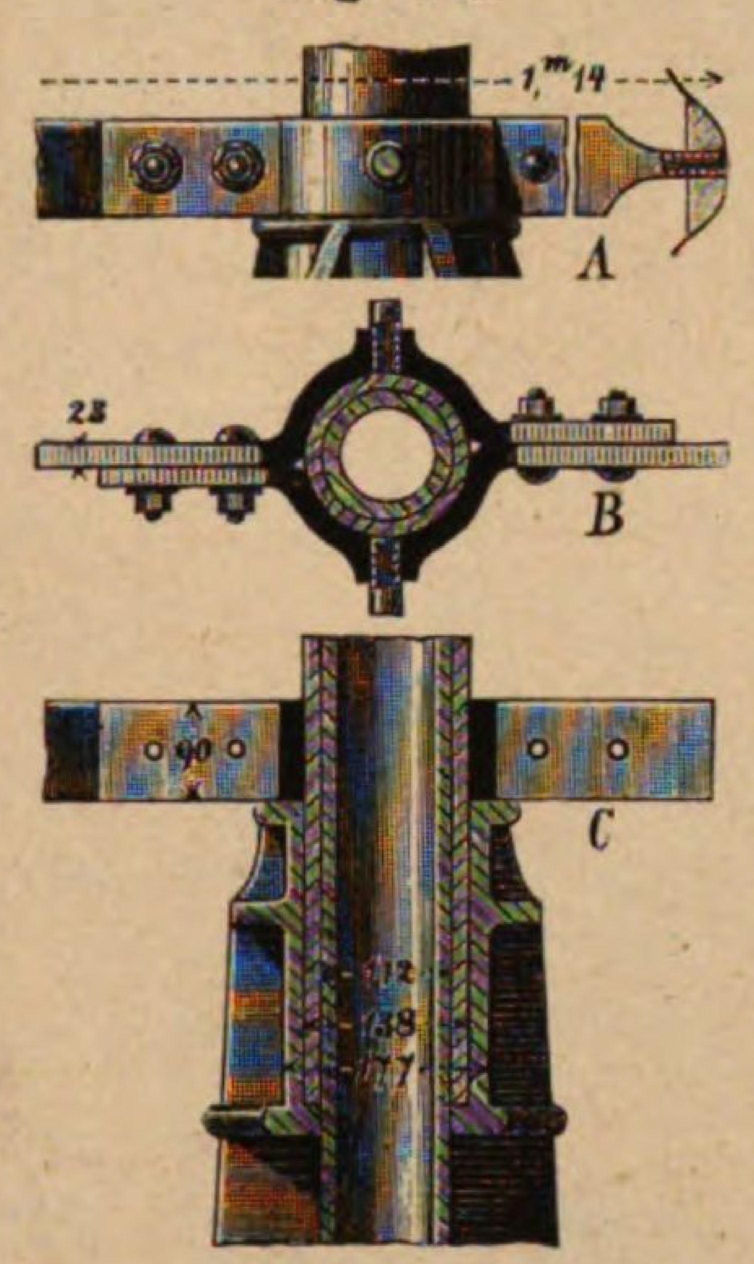
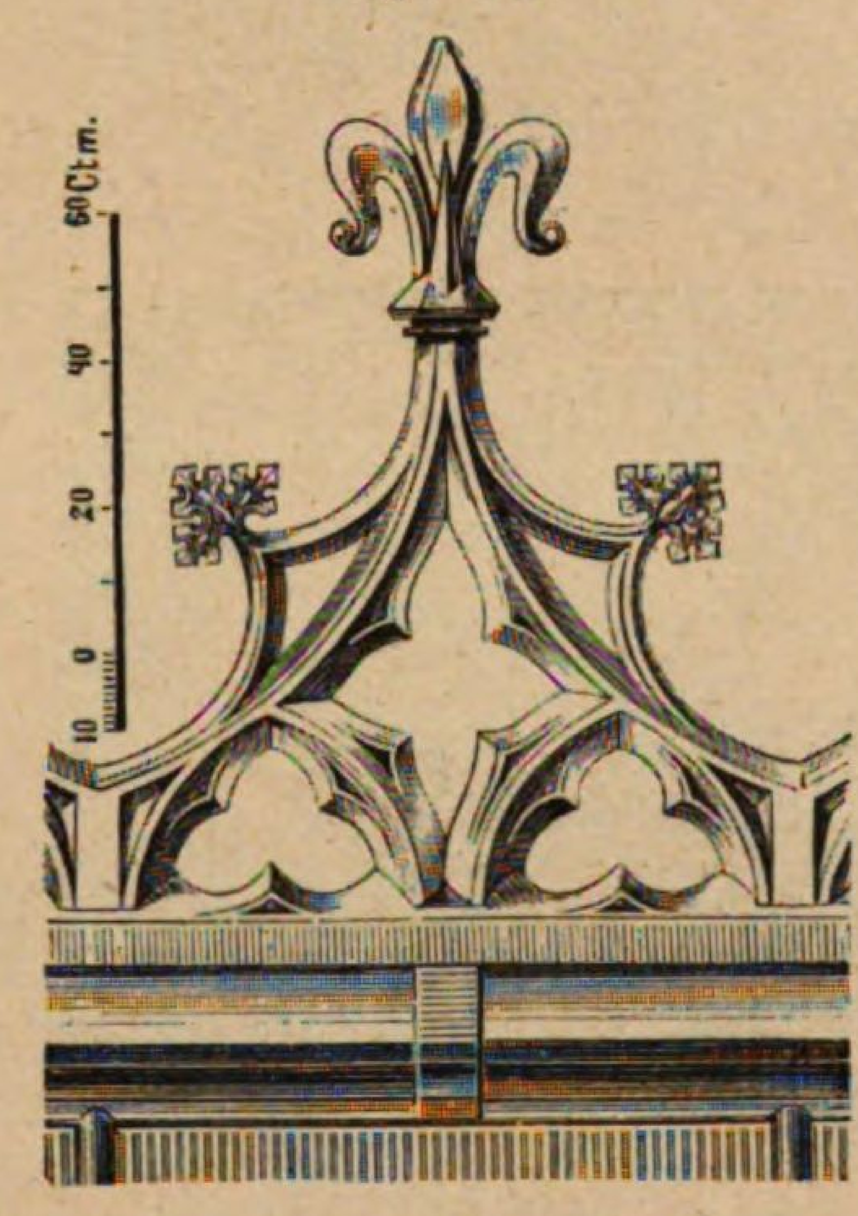
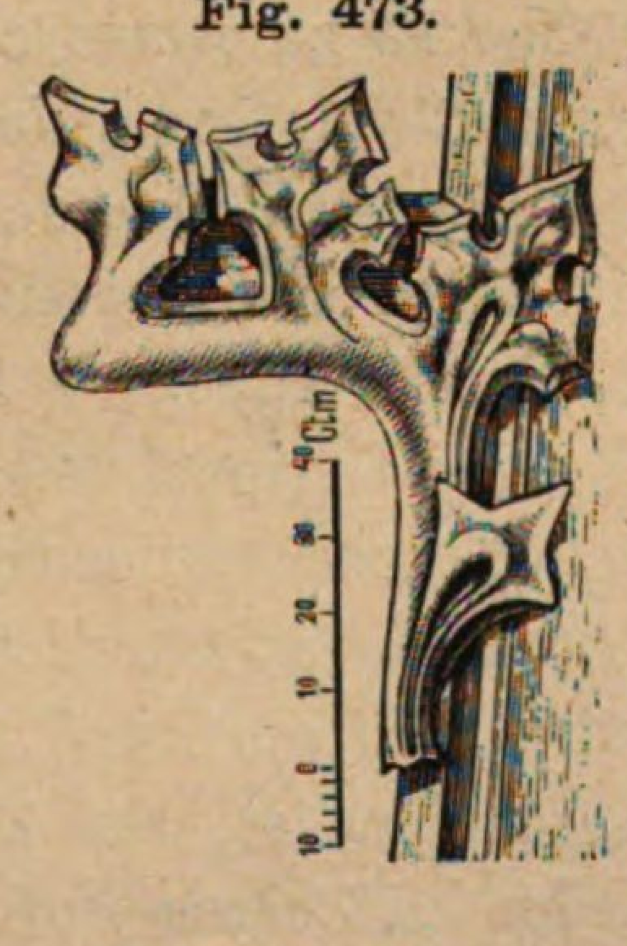


Fig. 472.



In der oben angegebenen Quelle ist nicht gesagt, aus welchem Metalle die Eindeckung des Thurms und dessen Ornamentik ausgeführt ist, da aber der Kamm des früher angeführten Kirchendaches aus Zinkguss mit 5 Millim. starken Wandungen hergestellt wurde, so lässt sich annehmen, dass auch die durchbrochene Eindeckung der Helmspitze und die übrigen Ornamente desselben ebenfalls aus Zink gegossen sind, da dieses Metall sich für ähnliche Zwecke schon früher bewährt hatte und im Preise sich billiger stellen musste als andere Metalle; auch werden die Räume zwischen den tragenden Eisenrippen und den Zinkornamenten wie beim Dachkamme mit Asphalt ausgegossen sein, damit ein electrochemischer Zersetzungsprozess zwischen Zink und Eisen vermieden wird. Das Ornament des Dachkammes ist in Fig. 472, dasjenige der Grate des Thurmhelms (Sprungblätter, Krappen) in Fig. 473 in der Ansicht dargestellt.

Fig. 473.



Der rühmlichst bekannte Baurath **Moller** zu Darmstadt führte in in den Jahren 1827 und 1828 schon die Kuppel des Mainzer Domes in Schmiedeeisen aus; er hatte zugleich die Helmspitzen der beiden Seitenthürme dieses Domes aus Eisen projectirt, doch sind dieselben noch nicht zur Ausführung gekommen.

Schon vor längerer Zeit sind in Frankreich durchbrochene Thurmspitzen aus **Gusseisen** construirt worden, wovon eine der grössten die Helmspitze der **Kathedrale** zu Rouen ist. Bei der Restauration der reichgeschmückten Pyramide des **Stephansthurms** zu Wien

verwendete man im Jahre 1842*) Gusseisen in Verbindung mit Schmiedeeisen. Eine ganz aus Gusseisen hergestellte durchbrochene Helmspitze von 7,43 Meter Höhe kam im Jahre 1850 für die Klosterkirche »zum guten Hirten« zu Aachen zur Ausführung, die nur ca. 900 Mark kostete.

Das Thürmchen hat 1,88 Meter inneren Durchmesser im 8-Eck, ist $1^1/_2$ Stein stark in Ziegelrohbau mit Sandsteingesimsabdeckungen ausgeführt und ist die 31 Centim. breite, 2,6 Centim. starke gusseiserne Fussplatte des Helms mit 8 schmiedeeisernen Ankern von 2,6 Centim. Durchmesser und 3,8 Meter Länge mittelst quadratischer Ankerplatten von 31 Centim. Seite auf dem Mauerwerk befestigt. Den Horizontalschnitt des Helms in der Gallerie giebt Fig. 474, woraus die Profilirung der Grate *g* zu ersehen ist. Diese 6,6 Meter langen Rippen sind zweitheilig aus je 3 Längen zusammengesetzt und in den Stössen durch Abfalzung und Verschraubung mit einander verbunden. Die durchbrochenen Füllungen aber sind in zwei Längen gegossen und stumpf aufeinander gesetzt. Auch die Sprungblätter oder Krabben wurden des leichteren Formens wegen aus zwei Hälften zusammengesetzt und jede Hälfte mit 2 Schrauben auf den Graten aufgeschraubt. In ähnlicher Weise ist auch die Kreuzblume gegossen und mit der Spitze des Helms zusammengeschraubt. Das Detail dieser Spitze ist in Fig. 475 in der Ansicht und im Schnitte dargestellt. Die Rippen oder Gratsparren *b* sind an dem Gussstücke *a* angeschraubt, durch dies letztere ist ein Anker bis zur Spitze geführt, der bei *c* eine Mutter zum Festschrauben hat. Die äusserste Spitze *d* ist auf *c* mit Gewinde aufgeschraubt. Dieser Thurmhelm ist mit Oelfarbe im Tone des Sandsteingesimses angestrichen.

Fig. 474.

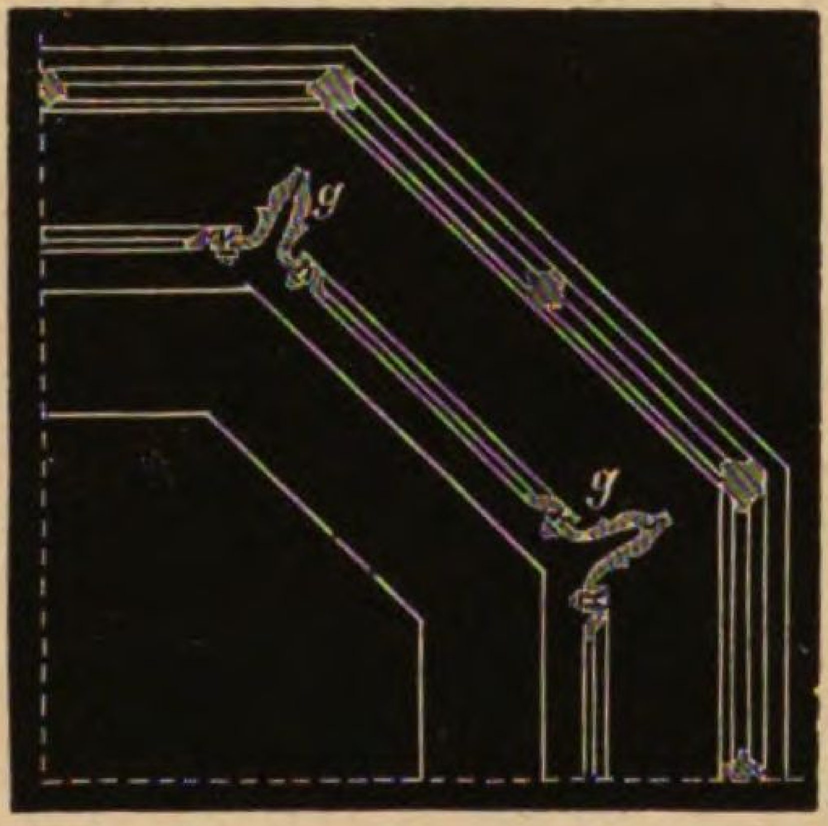
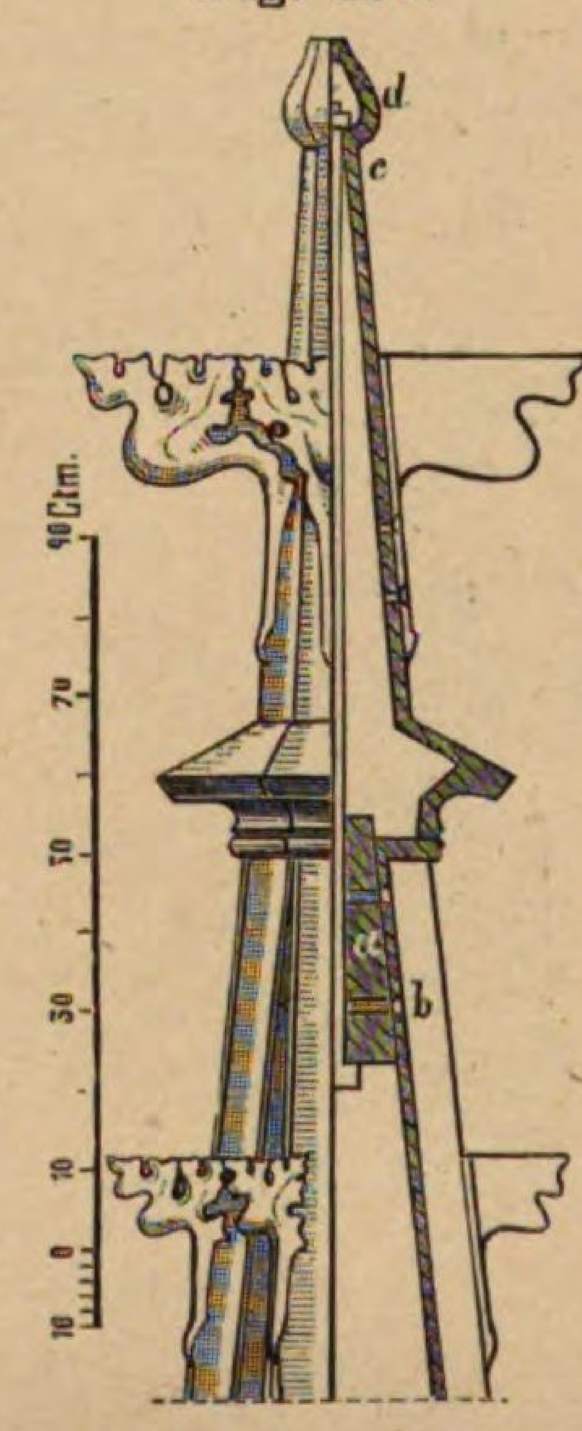


Fig. 475.



In Bezug auf Billigkeit kann das Gusseisen wohl mit allen anderen Metallen, welche zum Baue der Thurmspitzen verwendet werden können, concurriren, in den Gegenden, wo die Eisenindustrie ihren Sitz hat, stellt es sich sogar am billigsten, und es hat sicher eine grosse Dauer, wenn es mit einem Anstriche beständig gegen Rost geschützt wird. — Beispielsweise hatte das ca. 1 Meter ausladende Hauptgesimse des herzogl. Schlosses zu Braunschweig, welches in Gusseisen mit ca. 6 Millim. starker Wandung ausgeführt war, vom Jahre 1835 bis 1864 nicht die mindeste Beschädigung erlitten, es hatte dem grossen Brande vollkommen Widerstand geleistet, obgleich die Sandsteinblendung überall zerstört war und konnte bei dem Wiederaufbau des Schlosses fast vollständig benutzt werden. — Da aber die Elasticität des Gusseisens sehr gering ist, so wird man für das Gerippe des Thurmhelms dem Schmiedeeisen den Vorzug geben, zumal es in weit schwächeren Dimensionen ausgeführt werden kann und die Modellkosten, welche beim Gusseisen erforderlich sind, erspart werden. Die Füllungen aber, oder die Eindeckung, wird man am zweckmässigsten aus **Zinkguss**, oder wie es in neuerer Zeit fast durchweg geschehen ist, aus **Zinkblech** herstellen. Wie bekannt, lassen sich Zinkblecharbeiten in jeder beliebigen Form über Holzformen treiben oder in gusseisernen Formen stanzen. Da

*) Förster's Bauzeitung 1843 enthält eine durch Zeichnungen erläuterte Beschreibung dieser Restaurationsarbeit.

) Vergl. den Artikel »Ueber den Bau eiserner Thurmspitzen« vom Herrn Geh. Regierungsrath **Stein in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1860. S. 481. Hieraus sind einige der folgenden Helmconstructionen entlehnt.

man nun diese Blecharbeiten leicht aus beliebig vielen Theilen zusammenlöthen kann, so bietet das Zinkblech zur Anfertigung von architektonischen Ornamenten grosse Vortheile. Die Dauer des Zinkblechs, wenn es den Einflüssen der Witterung ausgesetzt ist, scheint nach den bis jetzt vorliegenden Erfahrungen nicht geringer zu sein, als die des Sandsteins, wobei es keines Anstrichs bedarf. Durch **Silicat**-Anstrich (siehe Zinkeindeckung) kann man dem Zinkblech aber jeden beliebigen Farbenton geben, der sehr dauerhaft sein soll und der das Zinkblech vor den Witterungseinflüssen vollkommen schützt. Vermittelst dieses Anstriches kann man Zinkornamenten das Ansehen eines vorzüglich behauenen Sandsteins verleihen.

Im Nachfolgenden mögen noch einige Thurm-Constructionen erwähnt werden, bei denen die Helmspitzen aus einem Gerippe von Schmiedeeisen bestehen, die mit Gusszink oder mit Zinkblech eingedeckt sind.

Im Jahre 1842 sollten bei der Restauration der **Klosterkirche** zu Berlin die 3 Thürme der Vorderfronte aus Holz construirt und mit getriebenem Zinkblech gedeckt werden. Die Baubeamten stellten den Antrag metallene Helmspitzen statt der hölzernen ausführen zu dürfen, was unter der Bedingung genehmigt wurde, dass der ursprüngliche Kostenanschlag nicht überschritten werde. Nach den verschiedenen Projecten, die man aufgestellt hatte, zeigte sich ein schmiedeeisernes Gerippe mit Gusszinkornamenten als die billigste und zweckmässigste Helmconstruction, was auch durch die Ausführung bestätigt wurde.

Fig. 476.

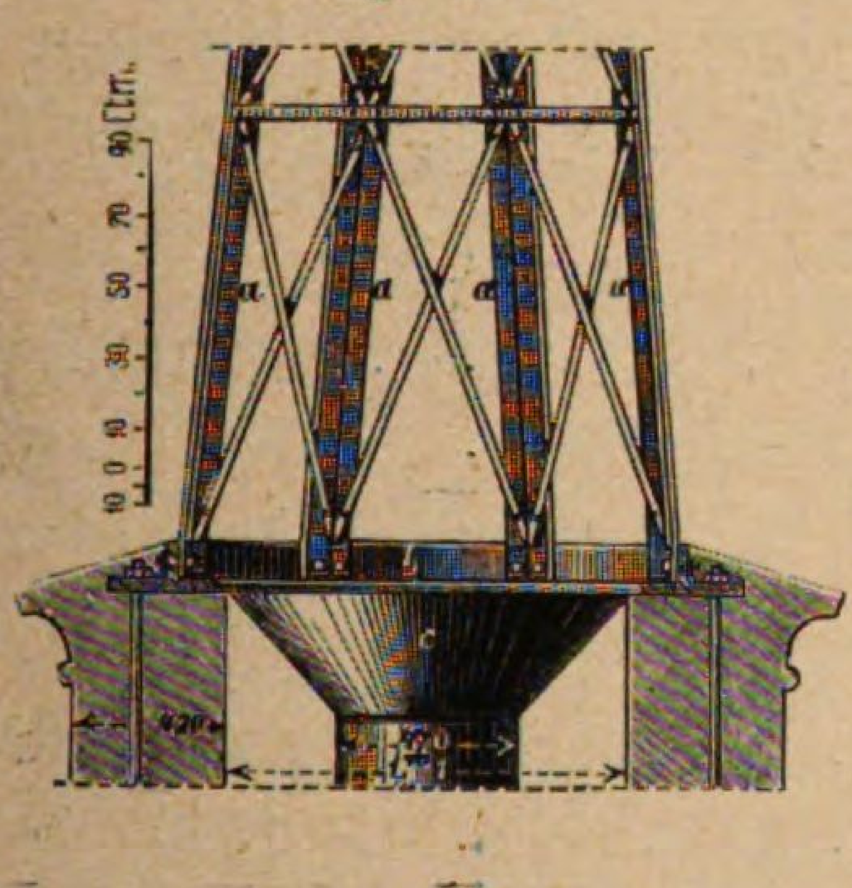


Fig. 477.

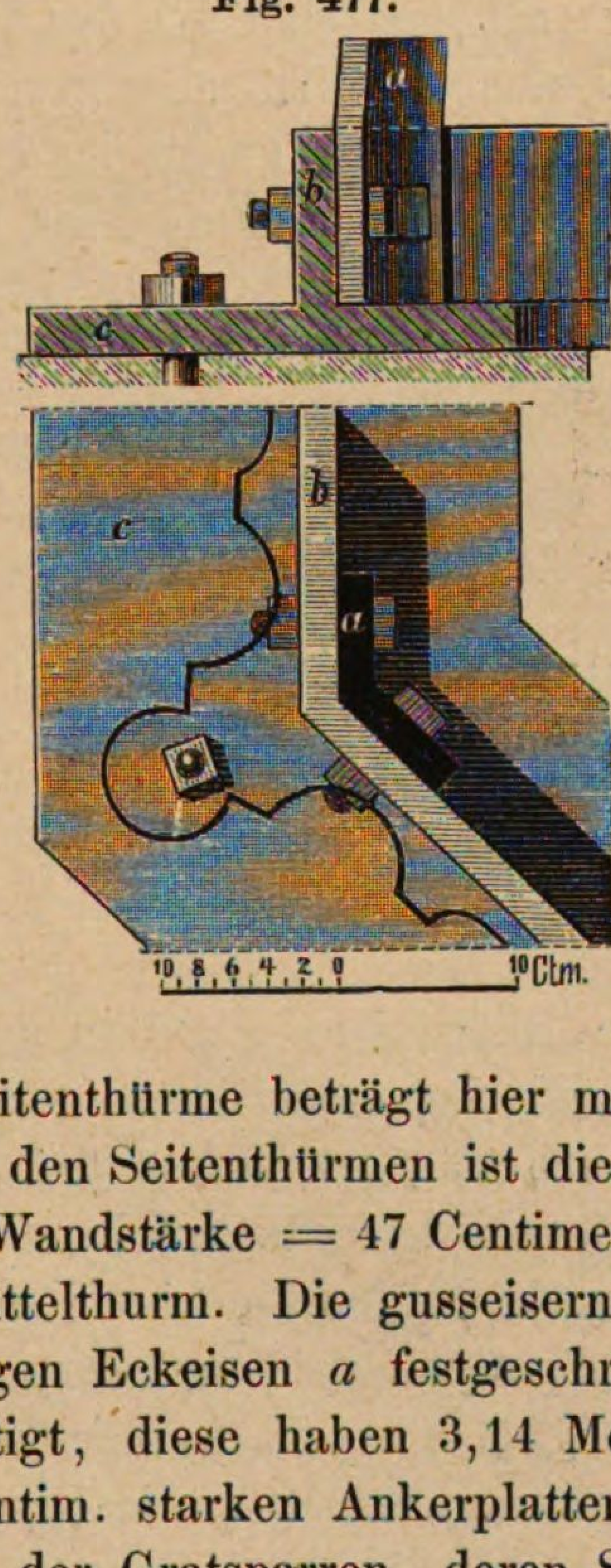
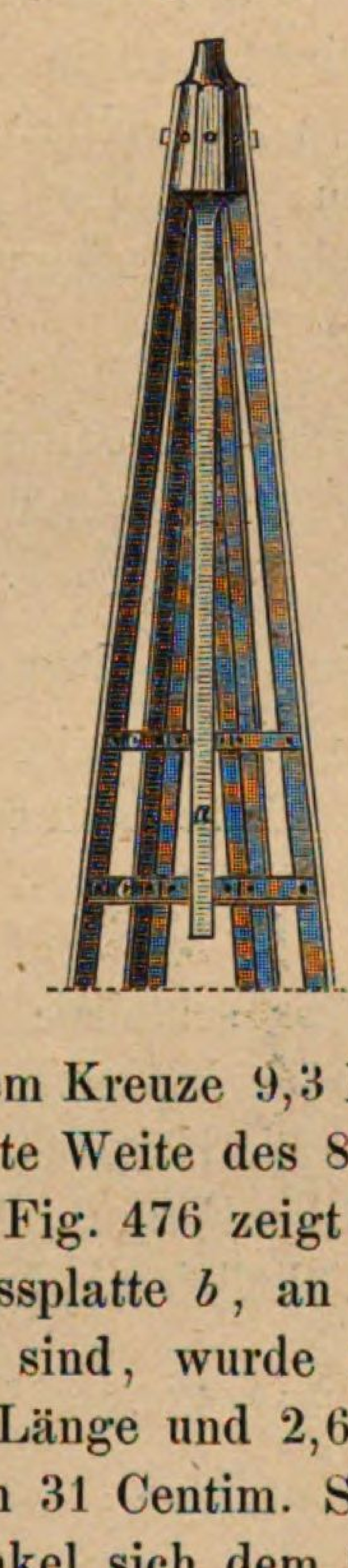


Fig. 478.



Die ganze Höhe des Helms der Seitenthürme beträgt hier mit dem Kreuze 9,3 Meter, die des Mittelthurmes 8,56 Meter. Bei den Seitenthürmen ist die lichte Weite des 8-eckigen Unterbaues = 1,73 Meter und die Wandstärke = 47 Centimeter. Fig. 476 zeigt einen theilweisen Verticalschnitt durch den Mittelthurm. Die gusseiserne Fussplatte *b*, an deren Verticalrippe die 8 Stück stumpfwinkligen Eckeisen *a* festgeschraubt sind, wurde mit 8 Ankerbolzen auf dem Mauerwerk befestigt, diese haben 3,14 Meter Länge und 2,6 Centim. Durchmesser, sie sind mit 2,6 Centim. starken Ankerplatten von 31 Centim. Seitenabmessung versehen. Die Winkeleisen der Gratsparren, deren Schenkel sich dem 8-Eck des Helmgrundrisses anschliessen, haben aussen gemessen eine Schenkellänge von ca. 8 Centim. bei ca. 2 Centim. Stärke, dieselben sind in Höhenabständen von etwa 1,2 Meter horizontal durch Flacheisen mit einander verbunden und durch gekreuzte Diagonalen gegen Verdrehung gesichert. In Fig. 477 ist das Detail des Querschnittes der Fussplatte, sowie auch der Grundriss einer der 8 Ecken dargestellt, *a* ist der Gratsparren, *b* die Vertical- und *c* die Horizontalrippe der im 8-Eck herumgeführten Fussplatte des Helms.

Mit der Helmstange *a* wurden die Gratsparren in der Weise verschraubt, wie dies Fig. 478 zeigt. Dieselbe ist bis *c* heruntergeführt, wo an dem Ringe eine volle Scheibe befestigt

ist, welche das untere Ende der Helmstange aufnimmt und festhält. Das schwache Thurmkreuz ist mit der Helmstange zusammen in einem Stücke hergestellt. Bis zur Oberkante der Winkeleisen, wo sie mit der Helmstange verschraubt sind, Fig. 478, beträgt die Höhe der Pyramide der Seitenthürme von der Fussplatte an gemessen 7,3 Meter, die des Mittelthurms 6,5 Meter. Bei den Seitenthürmen ist das schmiedeeiserne Gerippe mit Relief-Platten aus Gusszink, bei dem Mittelthurm mit durchbrochenen Platten aus demselben Material eingedeckt, sie sind mit kleinen Schrauben auf dem Winkeleisen aufgeschraubt. Diese Platten wurden für jede Seite des Achtecks in 4 Stücken gegossen, die sich mittelst Falze 8 Centim. überdecken, so dass die Oberfläche der Platten in einer Ebene liegt. Alle Fugen sind sorgfältig zusammengearbeitet und mit Zinn verlöthet. Die Ornamentik der Platten besteht bei dem Mittelthurm aus einer Reihe durchbrochener Rosetten, da nun durch diese Oeffnungen das Regenwasser in den Thurm gelangt, so wurde zur Ableitung desselben das mit einem Trichter versehene Rohr *c*, Fig. 476, aus starkem Zinkblech angebracht, wodurch das Wasser in einen kupfernen Kessel geführt wird, von wo aus es durch ein Abfallrohr auf das Dach gelangt. Der Durchmesser des Rohres ist gross genug, um nöthigenfalls durch dasselbe in den Helm gelangen zu können.

Die Kreuzblumen der Thürme wurden in je 2 Hälften gegossen, zusammengelöthet und ebenfalls mittelst Löthung auf den Eindeckungsplatten befestigt. In Fig. 477 ist die Profilirung der Grate des Mittelthurms durch eine starke Linie angedeutet. Die Zinkgussarbeiten wurden von dem eigentlichen Erfinder der Zinkgiesserei Herrn **Geiss** in Berlin ausgeführt. Die Eisenconstructionen sind von der **Borsig**'schen Fabrik geliefert und wurden die Helmspitzen in der Werkstatt vollständig zusammengenietet, dann auf den Bauplatz gefahren und mittelst Flaschenzug an einem im Dachraum aufgestellten Ausleger hinaufgezogen. Die Versetzung und Verschraubung der Helmspitzen mit den Fussplatten wurde in wenigen Stunden ausgeführt. Die Kosten betrugen für eine Helmspitze der Seitenthürme:

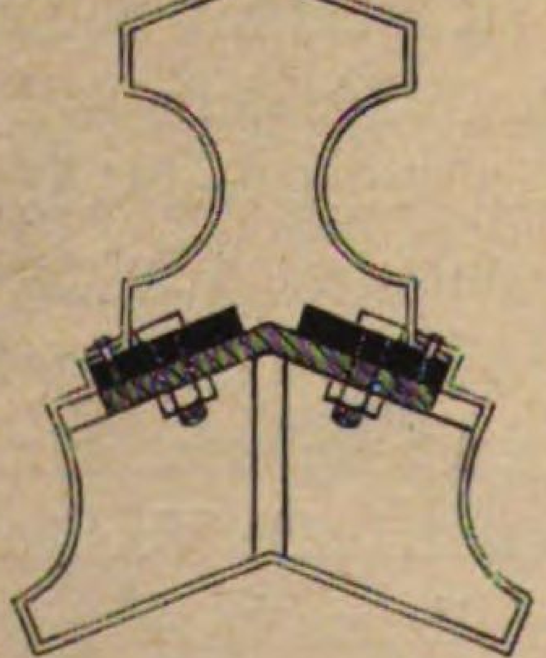
an Eisenarbeiten incl. Aufstellung		630 Mark
» Zinkarbeiten » Zinkblech-Abdeckung des Mauerwerks	. .	2370 »
	Summa =	3000 Mark.

Für die Helmspitze des Mittelthurms:

an Eisenarbeiten incl. Aufstellung		480 Mark
» Zinkarbeiten » Abdeckung		1545 »
	Summa =	2025 Mark.

Eine schmiedeeiserne Helmspitze mit Zinkblech-Ornamentik wurde in den Jahren 1850—54 in der Fabrikstadt **Eupen** bei Aachen für eine kleine evangel. Kirche ausgeführt. Die Höhe derselben beträgt 17,27 Meter, ihr unterer Durchmesser 3,45 Meter. Die vierseitige Form des Thurms wurde im Innern durch Auskragungen und Ueberwölbung in den Ecken ähnlich wie bei Fig. 451 in eine 8-eckige übergeführt. Bei dem bedeutenden Umfange musste die gusseiserne Fussplatte, von ähnlicher Querschnittform, wie in Fig. 476, in 4 Theilen ausgeführt werden, welche zwischen je 2 Gratsparren, mittelst Verticalrippen und Schraubenbolzen mit einander verbunden sind. Die Sparren bestehen bei dieser Helmspitze aus Flacheisen von 52 × 13 Millim. Stärke, sie wurden nach Fig. 479 an der Verticalrippe der Fussplatte angeschraubt und in ihrer ganzen Länge durch 6 Horizontalverbindungen aus 52 × 13 Millim. starken Flacheisen mit einander auf das Innigste vereinigt. Von Unterkante zu Unterkante gemessen sind die Horizontalverbindungen in einem Abstande von 1,6 Meter von der Fussplatte; dann in Abständen von 1,79; 3,06; 1,52; 2,29 und 2,56 Meter angebracht. Die unteren 5 Horizontalverbindungen bestehen nach Fig. 480 aus je einem 8-eckigen Ringe

Fig. 479.



aus Flacheisen, der durch 2 übereinander liegenden im Rechteck angeordneten Flacheisensystemen ausgesteift wird. Sämmtliche Flacheisen sind 52 × 13 Millim. stark. Wie Fig. 481 zeigt, ist dagegen die oberste Horizontalverbindung als Kreuz mit aufgeschrotenen und umgebogenen Enden hergestellt; in der Mitte dieses Kreuzes befindet sich eine quadratische Oeffnung von 4 Centim. Weite, zur Aufnahme der Helmstange, an der das Thurmkreuz und die Kreuzblume befestigt ist. Die Bekleidung des Eisengerippes besteht aus getriebenem Zinkblech, welches 10,2 Kilogr. pro □Meter wiegt, oder stark $1^{1}/_{2}$ Millim. Dicke hat. Die Profilirung der 8 Grate des Helms und die Befestigung des Zinkbleches ist in Fig. 479 in $^{1}/_{8}$ der wirklichen Grösse dargestellt. Für die Ornamentik der durchbrochenen Helmspitze, deren Ansicht Fig. 482 giebt, sind die Vorbilder des Mittelalters maassgebend gewesen.

Fig. 480.

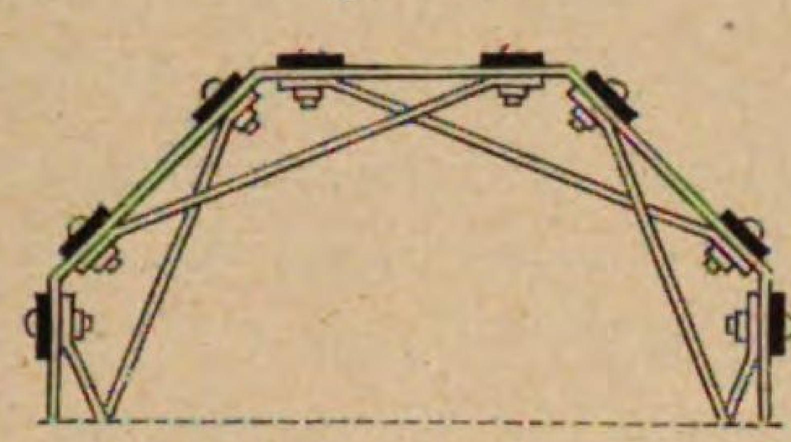


Fig. 481.

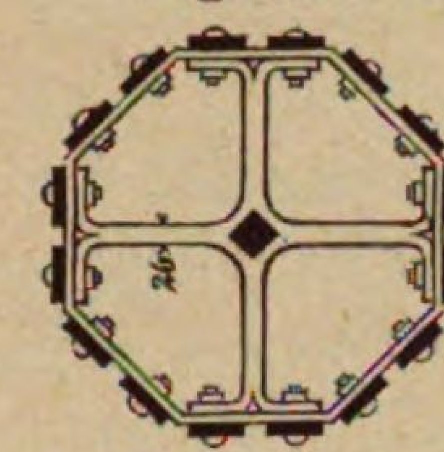
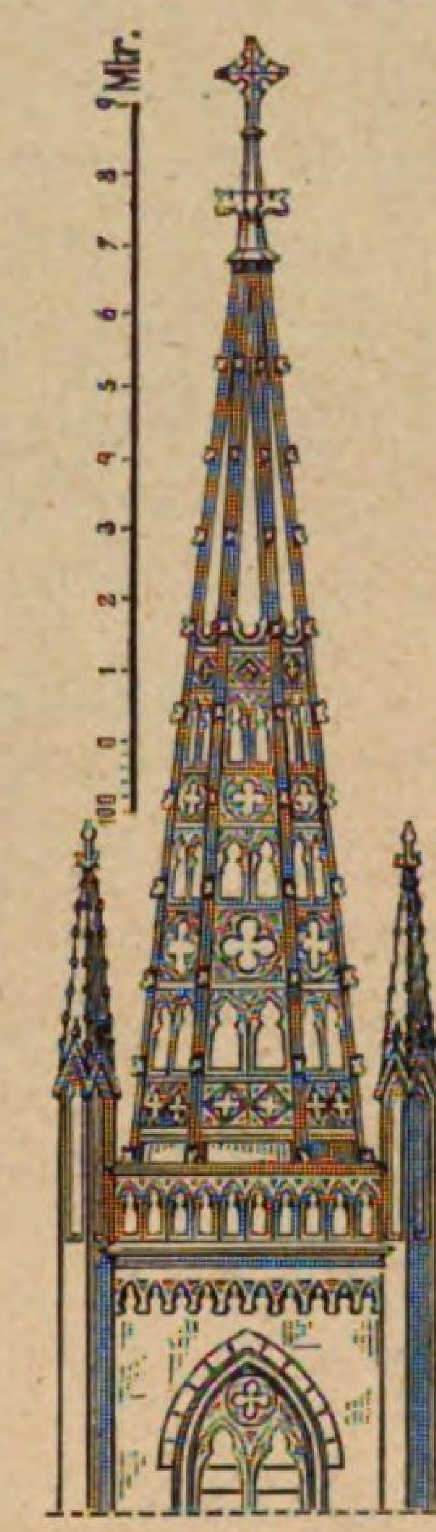


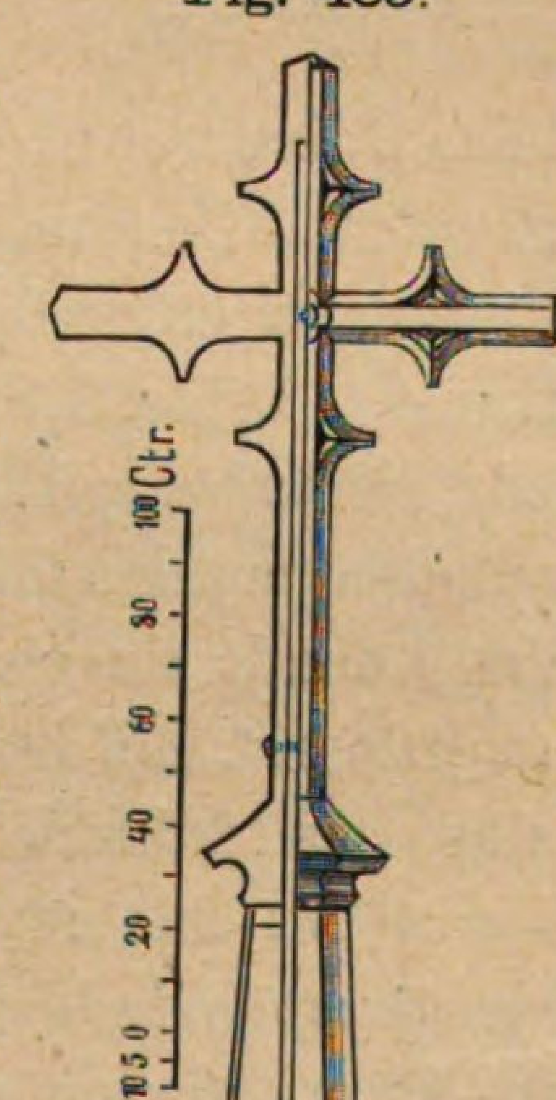
Fig. 482.



Fast alle getriebenen Zinkarbeiten wurden in gusseisernen Formen gestanzt, wobei sowohl die Form wie auch das Zinkblech auf 120 bis 150° C. erwärmt worden sind. Die Sprungblätter oder Krabben wurden in 2 Hälften hergestellt und dann zusammengelöthet; sie sind mit Abwässerung versehen und mittelst Löthung auf den Gratbekleidungen befestigt. Sämmtliche Zinkarbeiten sind ohne Anstrich geblieben, da die natürliche Farbe des Zinkbleches gut mit der blaugrauen Farbe des Kalksteins, woraus der Unterbau des Helms besteht, harmonirte.

Ueber der Gallerie Fig. 482, ist der unterste Theil des Helms nicht durchbrochen, sondern es ist nur eine Thür angebracht, durch welche man auf die Gallerie gelangt. Ueber der Fussplatte des Helms befindet sich ein Wetterboden, der das Regenwasser, welches durch die Durchbrechungen eindringt, über die steinerne Brüstung nach aussen leitet. Das in Fig. 483 dargestellte Thurmkreuz ist aus Kupferblech getrieben und im Feuer vergoldet.

Fig. 483.



Mit der Verankerung kostet die fertig ornamentirte eiserne Helmspitze ca. 4800 Mark.

Die **Petrikirche** zu Berlin*), deren Bau im Jahre 1846 begonnen wurde, hat ebenfalls eine Thurmspitze aus Schmiedeeisen mit Zinkblechornamentik erhalten. Vom Fussboden der Kirche bis zur Kreuzblume beträgt die Höhe des Thurms 96,4 Meter, während die eiserne Helmspitze 33,6 Meter hoch ist, bei einem unteren Durchmesser des 8-Eckes von ca. 6,3 Meter. Eine geschlossene gusseiserne Fussplatte, wie in Fig. 476 ist hier nicht vorhanden, sondern es sind kleine 3,3 Centim. dicke gusseiserne Platten auf die 8 Ecken gelegt, die je durch 2 Anker von 4 Centim. Durchmesser und 9,4 Meter Länge mit dem Mauerwerke verbunden wurden. Diese Platten werden an der Aussen- und Innenkante durch 6,5 Centim. breite Flacheisen zusammengehalten, welche im 8-Eck angeordnet, flach gelegt und mit den Gussplatten verschraubt sind. Auf den 8 gusseisernen Fussplatten stehen Gratsparren in ähnlicher Weise construirt wie bei Fig. 460, doch mit dem Unterschiede, dass die äusseren und inneren Sparren nicht aus Winkeleisenpaaren,

*) Diese Daten sind entlehnt aus dem »Lehrbuche der Eisenconstructionen« vom Herrn Baumeister **E. Brandt**; Verlag von Ernst und Korn in Berlin. 1871. S. 461.

sondern aus je 2 Flacheisen von 7,8 × 2 Centim. Stärke mit 2 Centim. Zwischenraum zusammengesetzt sind. Diese ca. 1 Meter tiefen gitterförmigen Gratsparren haben in Abständen von ca. 1 Meter horizontale Flacheisen und ausserdem in allen Feldern entgegengesetzt laufende einfache Diagonalen zur Verbindung. An den Stellen, wo sich die horizontalen Flacheisen befinden, werden die 8 Gratsparren ausserhalb jedesmal durch rings um die Pyramide herumgeführte Flacheisen zusammengehalten, während je 2 Gratsparren durch zwischengelegte Diagonalkreuze, mit einer ringförmigen Spannvorrichtung im Kreuzpunkte versehen, gegen Verdrehung geschützt sind. Jede der 8 Thurmseiten, zwischen 2 Gratsparren, ist durch 4 Zwischensparren, aus 5,2 × 1 Centim. starke Flacheisen in 5 Felder eingetheilt, damit das Zinkblech genügende Unterstützung findet, da keine Schaalung als Unterlage für das Zinkblech vorhanden ist. Die Zinkarbeiten für diese Thurmspitze hat der Klempnermeister **Peters** in Berlin ausgeführt.

Derselbe fertigte auch für die Industrieaustellung in Paris eine Thurmspitze von 9,4 Meter Höhe*), für die **Stammburg der Hohenzollern** in Hechingen bestimmt, die nur aus Zinkblechrippen ohne Eisen hergestellt ist. Den oberen Theil dieser Helmspitze zeigt Fig. 484; bei derselben sind die Kreuzblumen, die Sprungblätter oder Krabben, die Gratrippen, die Gesimse und Füllungen aus Zink getrieben. Bei der Aufstellung des Helmes ist eine

Fig. 484.

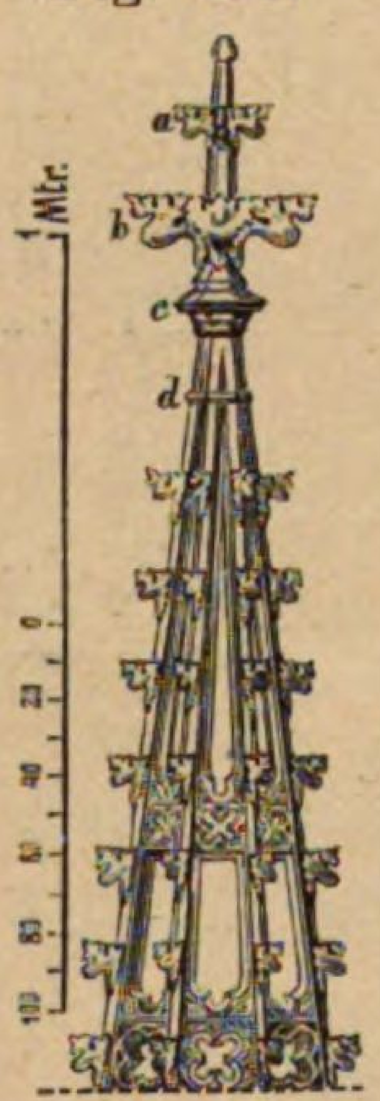


Fig. 485.

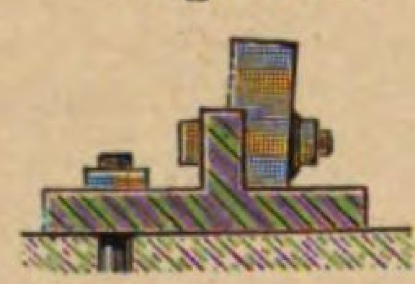


Fig. 486.

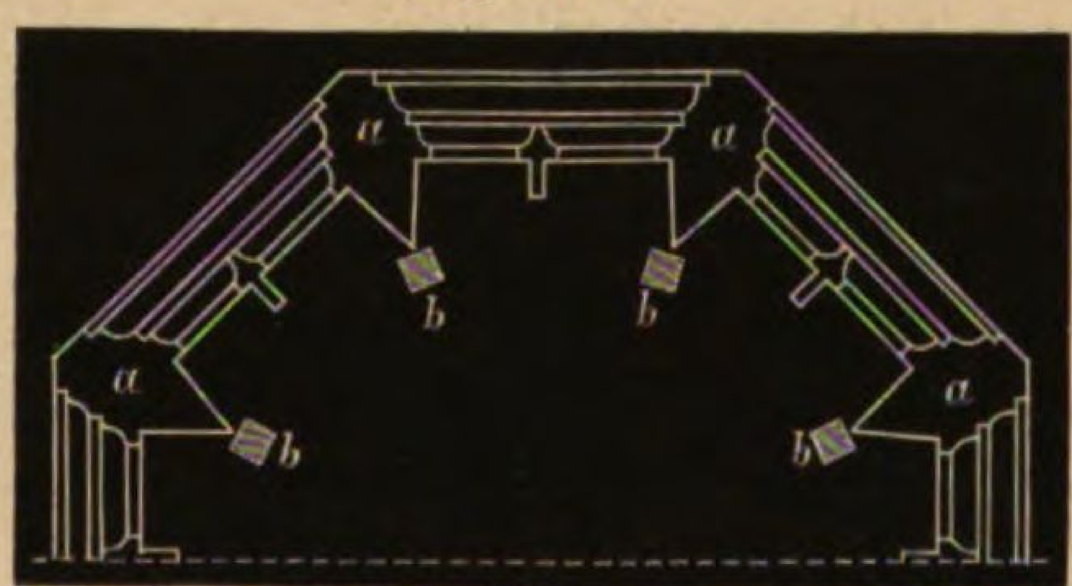


Fig. 487.

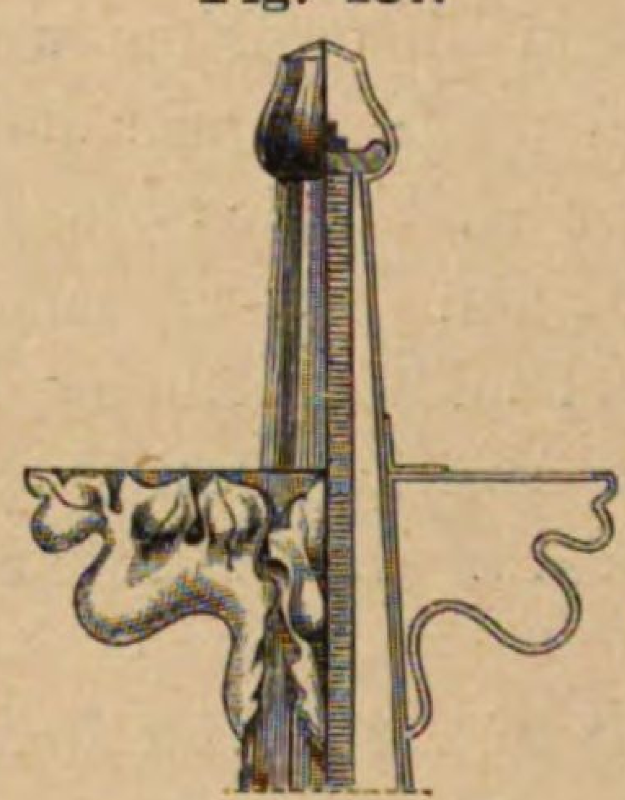
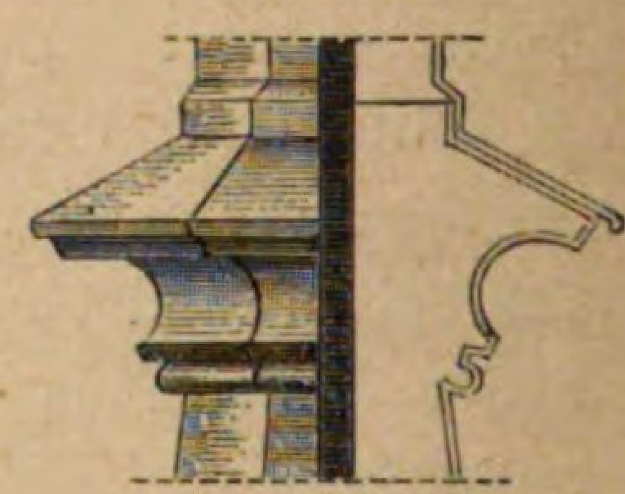


Fig. 488.



leichte innere Eisenconstruction zur Aussteifung desselben verwendet worden. Es sind nämlich 4 Centim. starke Quadrateisen an die Verticalrippe einer geschlossenen 8-seitigen Fussplatte angeschraubt, deren Querschnitt Fig. 485 andeutet, dieselbe hat ca. 21 Centim. Breite. Diese 8 Stangen laufen oben bei *d* Fig. 484 in einer Scheibe zusammen und sind mit dieser verschraubt, wie dies aus Fig. 489 zu ersehen ist. In entsprechenden Abständen wurden die Stangen aber noch durch Flacheisenumgurtungen miteinander verbunden, damit sie nicht ausbauchen können; eine solche Verbindung ist ebenfalls in Fig. 489 angedeutet. Von der Mitte der Scheibe worin die 8 Quadrateisen befestigt sind, geht eine quadratische Helmstange bis zur äussersten Spitze des Thurms und ist hier nach Fig. 487, mit einer Platte verschraubt, die sich auf die Spitze aus Zinkblech legt und sie gegen Winddruck absteift. Anstatt der vollen Quadrateisen hätte man zweckmässiger ⊔-Eisen zu den 8 Sparren verwenden können, doch sind dieselben bei so kleinem Bedarf nicht immer im Handel zu haben. Die Bildung der Gesimse und die Ineinanderfügung der Zinkbleche geht aus den theilweisen Verticalschnitten Fig. 488 und 489 hervor, es mag nur noch bemerkt werden, dass die Zinkbleche über Holzformen getrieben sind.

Wie bei den massiv gemauerten Helmspitzen die Bekrönung derselben befestigt wird, ist bereits in Fig. 448 angedeutet. Fig. 490 und 491 zeigt noch ein gusseisernes Thurm-

*) Durch Zeichnungen und Beschreibung von Herrn **Peters** mitgetheilt in dem »Journal für Architekten und Bauhandwerker« 1861. S. 10.

kreuz*) und dessen Befestigung auf der gemauerten Helmspitze. Von einer 8-eckigen Gesimsschicht von 5,96 Meter äusseren und 3,77 Meter inneren Durchmesser steigt diese Pyramide 15,7 Meter hoch auf, mit einer Neigung von 1 : 7 in den Gratlinien convergirend, so dass das obere 8-Eck nur noch 31,4 Centim. Durchmesser hat. Die Formsteine haben die gewöhnliche Backsteinlänge und eine schräge Vorderfläche; sie sind in Portlandcement gelegt mit horizontalen Lagerfugen, damit kein Wasser in das Mauerwerk eindringen kann. In einer Höhe von 12,56 Meter, also 3,14 Meter unter dem Granitabschlusssteine, ist eine 4-armige gusseiserne Sohlplatte in das Mauerwerk eingelegt, welche die als Kreuzeisen (Fig. 233) gewalzte Helmstange von 9,2 Centim. Breite und 1,3 Centim. Stärke aufnimmt. An diesem Kreuzeisen ist das gusseiserne Thurmkreuz bei *c — d*

Fig. 489.

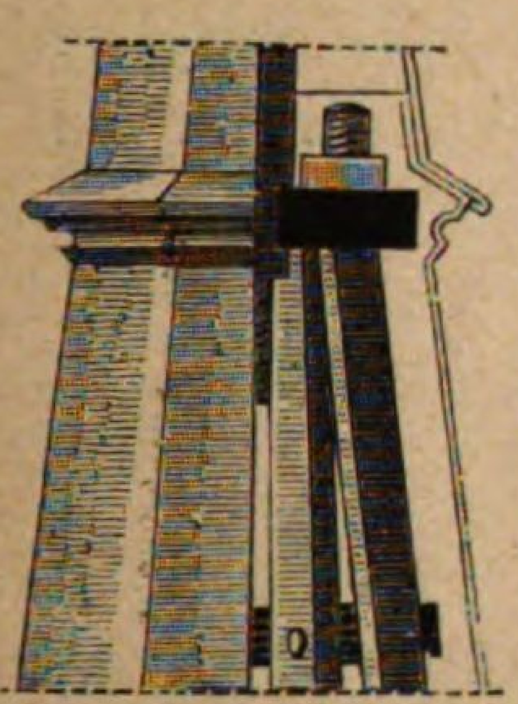


Fig. 490.

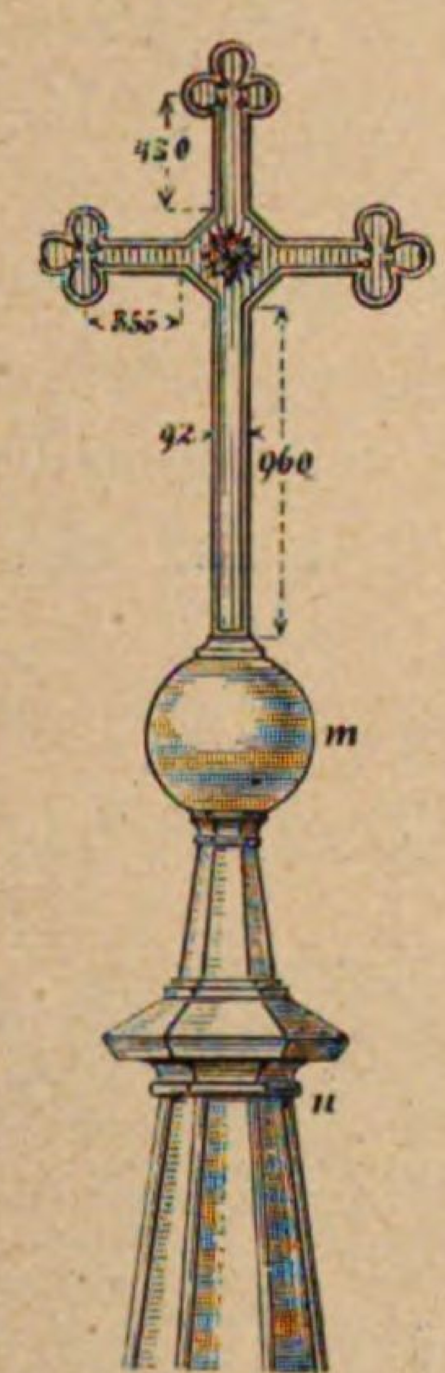


Fig. 491.

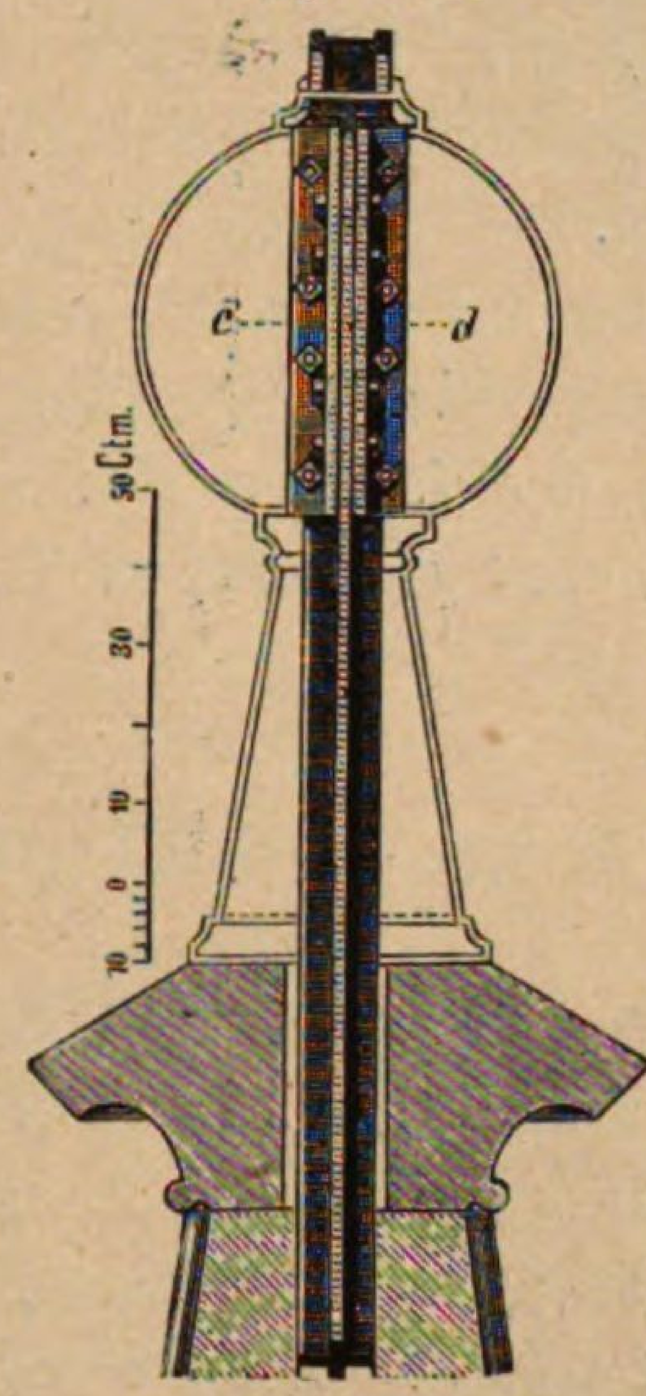


Fig. 492.



Fig. 493.



Fig. 494.



mittelst Schraubenbolzen und 4 Winkellaschen festgeschraubt. Das gusseiserne Kreuz hat einen **I**-förmigen Querschnitt von 9,2 Centim. Breite und 5,2 Centim. Dicke, bei einer Rippenstärke von 1,6 Centim.; die Stossverbindung wird von dem aus Kupferblech getriebenem Knopf verdeckt. Der Stern und die vorstehenden Theile des Kreuzes sind vergoldet, die übrigen Eisentheile haben einen Oelfarbenanstrich erhalten.

Die vorstehend beschriebene Befestigung des Thurmkreuzes ist nicht empfehlenswerth; einfacher wäre es gewesen, wenn man nach Fig. 448 eine Rundeisenstange auf den Abschlussstein festgeschraubt hätte, weil hierdurch das obere Mauerwerk mit dem Abschlussstein fest verbunden worden wäre. Mit der Rundeisenstange hätte man das gusseiserne Kreuz leicht in der Weise vereinigen können, dass man das untere Ende des Kreuzes in Form einer Muffe auf die Rundeisenstange aufschob und durch beide Theile einen Stift steckte.

An Stelle des Kreuzes werden oft auch andere Ornamente zur Verzierung der Thurmspitzen verwendet. Fig. 492 giebt ein schmiedeeisernes Ornament, welches vom Architekten Herrn **A. Mecklenburg** für eine Kirche in München entworfen ist. Zwei andere schmiedeeiserne Ornamente für Thurmspitzen, Fig. 493 und 494, sind von den Herren Baumeistern **Ende** und **Böckmann** in Berlin entworfen und von Herrn **Ed. Puls** daselbst ausgeführt. Die Spitze Fig. 493 ist 1,75 Meter hoch und kostet 90 Mark; Fig. 494 kostet bei 1,5 Meter Höhe 63 Mark.

Der höchste Thurm der Erde ist für die im Jahre 1876 stattfindende Weltausstellung

*) Von dem Herrn Baumeister **Krüger** in Köstlin mitgetheilt in **Romberg's** Zeitschr. f. Bauw. 1866. S. 290.

zu **Philadelphia** projectirt. Dieser sog. **Centennial-Tower** soll, als nationales Denkmal zur Feier des 100jährigen Bestehens der Union, 1000 Fuss engl. = 305 Meter hoch aus Schmiedeeisen erbaut werden. Der Thurm in Form eines abgestumpften Kegels, besteht aus 20 Stück geraden röhrenförmigen Sparren, die in der ganzen Höhe 33mal durch horizontale Gurtungen miteinander verbunden sind. Der untere Durchmesser des Thurms beträgt ca. $^1/_7$ der Höhe desselben, während der obere Durchmesser nur $^1/_4$ so gross ist wie der untere. Jedes Feld zwischen 2 Sparren und 2 Horizontalgurtungen enthält ein diagonales Kreuz zur Aussteifung der beiden Theile und ist das so gebildete Netzwerk des Thurmmantels offen gelassen. In der Thurmmitte erhebt sich eine cylindrische Blechröhre, deren Weite nicht ganz $^1/_5$ des unteren Thurmdurchmessers beträgt; hierin ist die Wendeltreppe zum Besteigen des Thurms angebracht, sowie auch 2 hydraulische Aufzüge darin angeordnet sind. Von den 4 Gallerien, welche an der Aussenseite des Thurms in verschiedenen Höhen projectirt sind, wird die oberste stark ausgekragte Gallerie mit einem Zeltdache überdeckt. Von hier aus will man durch electrisches Licht eine brillante Illumination der Umgebung bewirken.

Der Entwurf zu diesem Monument ist von Messrs. **Clarke, Reeves** und **Comp.**, Civilingenieure und Besitzer der Phönixville Bridge Works zu Phönixville in Pennsylvanien ausgeführt. Für die Herstellung des fertigen Thurms verlangen die Unternehmer nur 1 Jahr Zeit und sind die Kosten dieses grossartigen Thurms auf eine Million Dollars veranschlagt.

III. Glocken und Glockenstühle.

§. 78. Construction der Glocken.

Zur Lieferung der Kirchenglocken*) wird mit dem Glockengiesser ein Vertrag abgeschlossen, worin man bedingt, dass die Glocke in ihrem Aeussern der Bestellung gemäss verziert, mit den verlangten, richtig gestellten Inschriften versehen und im Gusse in allen ihren Theilen tadellos ausgeführt werde. Ferner muss die Glocke das bestellte Gewicht haben; fällt sie im Gusse schwerer aus, so vergütet man dem Glockengiesser nach dem ausgemachten Preise, bei kleineren Glocken 10 bis 12, bei grösseren 20 bis 30 Kilogr., für das übrige Mehrgewicht wird nur der Metallwerth ersetzt. Die Glocke wird ohne Firnissüberzug geliefert, damit durch Firnissanstrich etwaige unreine Stellen im Gusse nicht verdeckt werden können.

Der Glockengiesser verpflichtet sich, der zu liefernden Glocke einen bestimmten musikalischen Ton zu geben, wobei zu empfehlen ist, dass man nicht nur den Namen des Tons angiebt, was bei Verschiedenheit der Stimmung misslich ist, sondern dass man sich einer in dem verlangten Ton gestimmten Orgelpfeife bedient, mit welcher die Glockengiesser gewöhnlich versehen sind; für die Reinheit des Tons hat der Glockengiesser einzustehen. Auch den Klöppel, den Aufhängeriemen, sowie das Holz- und Eisenwerk was zur Befestigung und zum Läuten der Glocke erforderlich ist, liefert in der Regel der Glockengiesser, natürlich gegen besondere Bezahlung; ebenso hat derselbe dafür zu sorgen, dass die Glocke unter seiner Leitung, mit seinem Geräthe aufgezogen und auf den Glockenstuhl gebracht wird, wobei er für jeden möglichen Schaden einstehen muss. Nach der vollendeten Aufstellung wird die Glocke entweder 24 Stunden lang, mit kleinen Pausen nach jeder halben Stunde, oder nur einige Stunden zur Probe geläutet; im ersteren Falle ist der Glockengiesser nach dem Probeläuten von aller Verantwortung frei, wenn die Glocke ohne Schaden blieb, im anderen Falle hat er ein Jahr lang für die Güte der Glocke Garantie zu leisten.

Der Entwurf des Glockenprofils, der sog. **Glockenrippe**, wird gewöhnlich nach zwei

*) Vergl. den geschichtlich behandelten Artikel »Glockengiesserkunst« von dem Architekten Herrn **Ed. Rau** in Förster's Bauzeitung 1872. S. 330, mit zahlreichen Abbildungen und literarischen Nachweisen.

Methoden ausgeführt, wobei als Maasseinheit die grösste Metallstärke der Glocke, der **Schlag** oder die Kranzdicke angenommen wird. Diese grösste Metallstärke muss an der Stelle vorhanden sein, wo der Klöppel anschlägt, und es verhält sich bei neueren Glocken stets der Schlag zum Durchmesser der Glocke wie 1 : 14 oder 1 : 15.

Bei der Aufzeichnung der **deutschen** Glockenrippe, Fig. 495 macht man die Grundlinie $a - b$ oder den Durchmesser der Glocke $= 14$ Schlag und errichtet in c die auf der Grundlinie senkrecht stehende Axe cu. Dann schlägt man von dem Punkte a aus, mit dem Radius $\overline{ag} = 1\frac{1}{4}$ Schlag, den Bogen gfs, auf dem man von g aus $1\frac{1}{2}$ Schlag abträgt, wodurch der Punkt s gefunden wird, durch den man nun von a aus die **Standlinie** az zieht; diese giebt, 11 Schlag lang gemacht, die Höhe der Glocke. In den Punkten 3, 7, 10 und 11 errichte man Senkrechte auf dieser Standlinie und mache $\overline{3h} = 1$ Schlag; $\overline{7n} = \frac{7}{8}$ Sch.; $\overline{11r} = 1$ Sch. und $\overline{11v} = 1\frac{1}{4}$ Sch.; die Metallstärke $\overline{fs}$ ist nun gleich 1 Sch., die Stärke auf der zur Standlinie normalen $\overline{ih} = \frac{1}{2}$ Sch., auf $\overline{mn} = \frac{1}{3}$ Sch., auf $\overline{p10}$ und $\overline{qr} = \frac{1}{4}$ Schlag. Die schraffirte Dicke $\overline{vw}$ der **Haube** oder **Platte** ist gleich $\frac{1}{4}$ Sch. zu nehmen. Nachdem noch der Punkt d von a aus auf der Standlinie mit $1\frac{1}{2}$ Schlag abgetragen ist, sind alle zur Zeichnung des Halses der Glocke nöthigen Daten bestimmt. Die Punkte $n - 10$ und $m - p$ werden durch gerade Linien verbunden; für den Bogen $d - h$ ist der Radius $R = 3$ Schlag, für $f - i$ und $i - m$ ist $R = 14$ Sch. und für $h - n$ ist $R = 11$ Schlag. Die Punkte der Haube $10 - r$ und $r - v$ werden geradlinig verbunden; übrigens ist die Construction der Haube willkürlichen Veränderungen unterworfen.

Fig. 495.

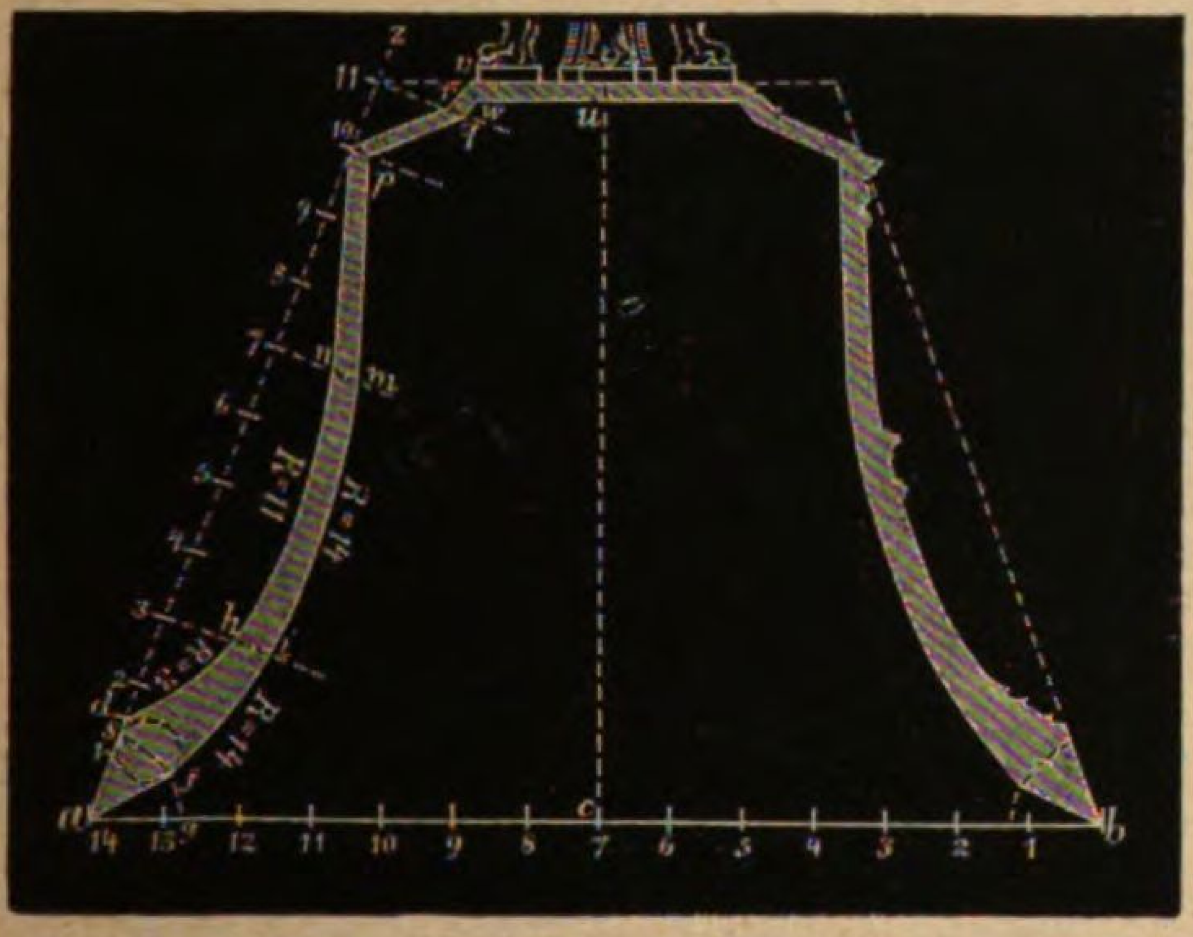
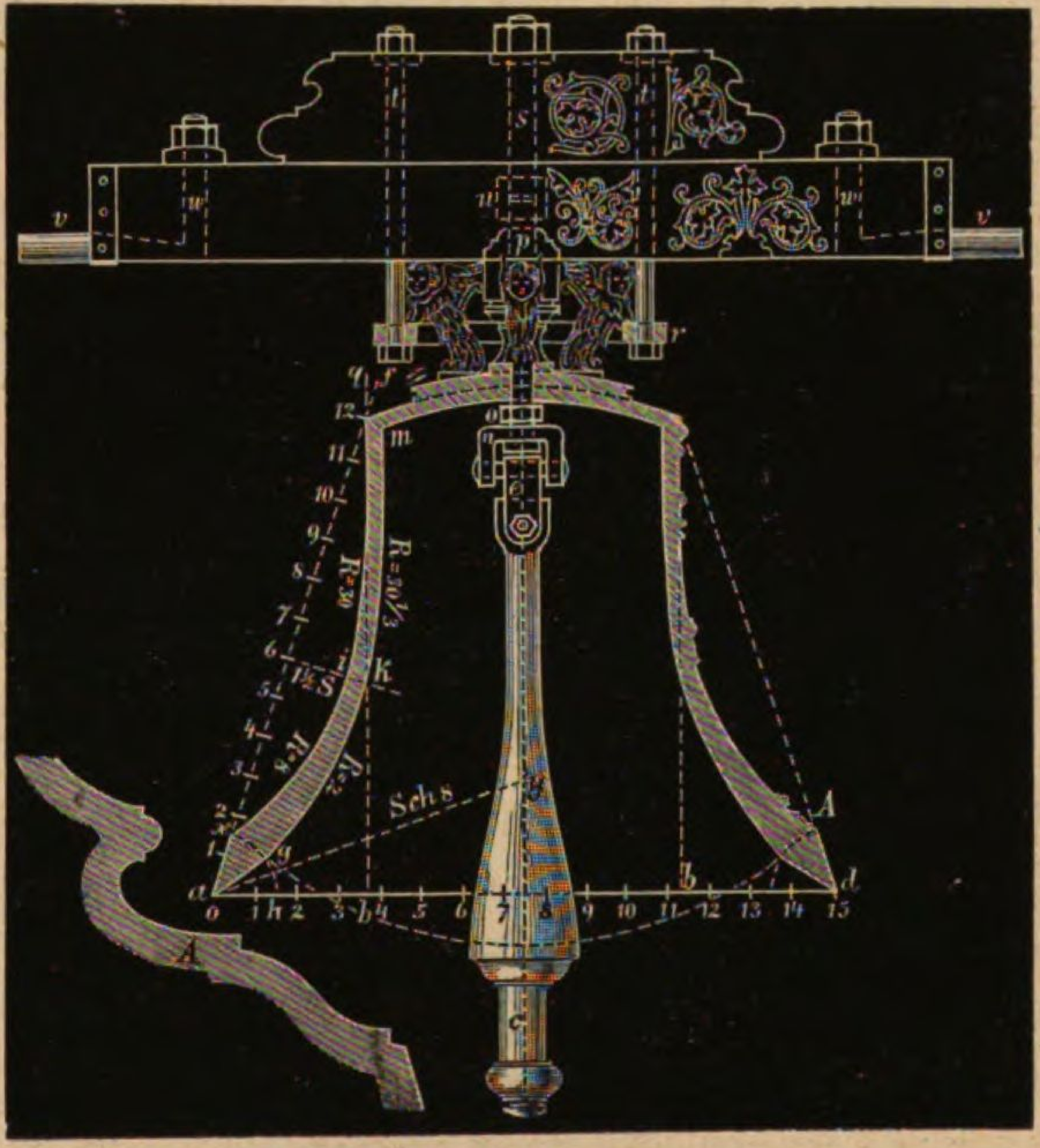


Fig. 496.



Die **französische** Glockenrippe wird in der Weise construirt, dass man nach Fig. 496 die Grundlinie oder den Glockendurchmesser $\overline{ad} = 15$ Schlag macht und im Halbirungspunkte dieser Basis die Axe ce errichtet. Ferner halbirt man die beiden Glockenhalbmesser, errichtet in den Halbirungspunkten b die Senkrechten $b - q$ und schneidet diese Linie von den Punkten a und d mit einer Zirkelöffnung $= 12$ Schlag ab, wodurch man die Punkte findet, durch welche die Standlinie $a - f$ zu ziehen ist. Den Bord der Glocke findet man, indem man aus a mit dem Halbmesser $\overline{ah} = 1\frac{1}{2}$ Schlag den Bogen hgx schlägt, auf diesen 1 Sch. von x nach g abträgt und die Punkte x und g durch gerade Linien mit a verbindet. Im 6. Schlag der Standlinie errichtet man auf $a - f$ eine Senkrechte, auf der man $1\frac{1}{2}$ Schlag von der Linie $a - f$ nach i abträgt und die Metallstärke $\overline{ik} = \frac{1}{3}$ Schlag macht. Den Bogen von x bis i schlägt man mit einem Radius $R = 8$ Sch., von g bis k mit $R = 12$ Sch., von i bis 12 mit $R = 30$ Sch. und von k bis m mit $R = 30\frac{1}{3}$ Schlag; die letzteren beiden Bögen haben einen gemein-

schaftlichen Mittelpunkt. Die Haube der Glocke wird durch zwei concentrische Bögen die $^1/_3$ Schlag Abstand haben aus dem Punkte *y* construirt; diesen Punkt findet man, wenn man mit einer Zirkelöffnung = 8 Schlag die Axe von dem Punkte *a* aus abschneidet.

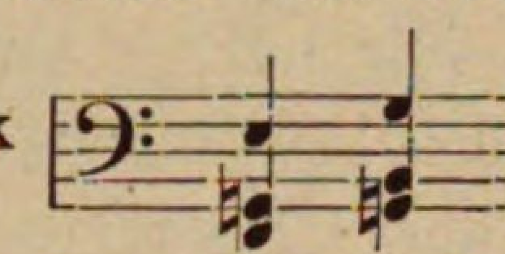
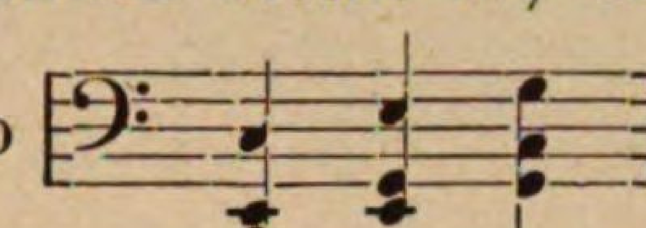
Die deutsche Glockenrippe ist allem Anschein nach aus langer Erfahrung hervorgegangen, denn sie stimmt in Bezug auf Akustik nicht in allen Punkten mit der Theorie vollkommen überein; bei der französischen Rippe aber sind alle harmonischen Verhältnisse so genau bedacht, dass dieselbe wahrscheinlich eine Arbeit der Theorie ist.

Mehrere zu einem Geläute bestimmte Glocken müssen womöglich stets gleichzeitig gegossen werden, da die Tonhöhe einer Glocke mit von der Beschaffenheit des Metalls (Zusammensetzung desselben siehe S. 22) abhängt, und da das weniger reine Metall specifisch leichter ist und im Ofen oben schwimmt, so kommen beim Gusse noch Schwierigkeiten in Betracht, wodurch selbst der erfahrenste Glockengiesser es nicht in seiner Gewalt hat, unter allen Umständen für die reine Stimmung der einzelnen Glocken untereinander einstehen zu können, nur selten gelingt es, dass ein Glockenguss in harmonischer Beziehung vollkommen tadellos ausfällt und ein sog. jungfräuliches Geläute zu Stande kommt.

Dadurch, dass man die Wandstärke einer Glocke durch Abdrehen verschwächt, kann der Ton derselben vertieft werden, während es kein Mittel giebt, den tiefen Ton einer Glocke zu erhöhen. Beim Formen ist daher darauf zu sehen, dass die Wandstärke der Glocke lieber etwas zu dick als zu dünn werde, weil man deren Ton dann durch Abdrehen richtig herabstimmen kann.

Gute moderne Glocken haben stets 4 Töne, wovon an dem unteren Rande der Grundton und unter der Platte die höhere Octave desselben liegt, während der dritte Ton zwischen den beiden Punkten und der vierte am innerlich abgeschrägten untersten Rand der Glocke vorkommt. Eine Glocke hat unter der Platte die höhere Octave des Grundtons, wenn sich der untere Durchmesser zum oberen wie 1 : $^1/_2$ verhält. Denkt man eine solche Glocke als abgestumpften Kegel hergestellt, so müsste sie sämmtliche innerhalb einer Octave möglichen Töne dynamisch in sich enthalten und es würde beim Läuten derselben ein unharmonisches Geräusch entstehen. Das richtige Glockenprofil muss daher eine solche Schweifung erhalten, welche den Verhältnissen der harmonischen Intervalle entspricht, dass nämlich die Glocke, von oben herab gemessen, bei $^4/_5$ ihrer Höhe auch $^4/_5$ ihres grössten Durchmessers hat, welches dem Verhältniss der grossen Terz entspricht; dass sie ferner bei $^3/_4$ ihrer Höhe auch $^3/_4$ ihres grössten Durchmessers, entsprechend der Quarte, und bei $^2/_3$ ihrer Höhe auch $^2/_3$ ihres grössten Durchmessers, entsprechend der Quinte, hat. Dies ist aber noch nicht ausreichend, um den harmonischen Klang zu erzeugen, sondern es muss auch das Verhältniss der Axenhöhe zu dem untersten Durchmesser der Glocke nach einem harmonischen Intervall bestimmt werden. Die modernen Glocken ergeben zwischen ihrem grössten Durchmesser und ihrer Axenhöhe das Verhältniss von 5 : 4 und hiervon wird das Consoniren der grossen Terz abhängig dargestellt, woraus folgt, dass bei einer Glocke mit consonirender Quarte, der grösste Durchmesser sich zur Axenhöhe wie 4 : 3 verhalten muss.

Der harmonische Klang einer Glocke ist auch noch von der Metallstärke des Glockenkörpers abhängig, welche im Verhältniss der Durchmesser von unten nach oben abnehmen soll, wobei die grösste Metallstärke, wie schon oben gesagt, am Anschlagorte des Klöppels vorhanden ist, weil hier die Glocke am stärksten in Anspruch genommen wird und der Abnutzung unterworfen ist. Durch möglichste Verdünnung der Glockenwand gewinnt der Klang erfahrungsmässig an Elasticität, und es scheint, dass man, um das Verschwimmen des Tons hervorzubringen, den unteren Rand der Glocke innerhalb abgeschrägt hat. Geschieht dies in einem bestimmten Verhältnisse, so wird dadurch noch ein tieferer harmonischer Beiton hervorgerufen, da die Vergrösserung des Durchmessers und die gleichzeitige Verminderung der Dicke, zwei Momente sind die ein Tieferwerden des Tons bedingen.

Wenn alle Glocken eines Geläutes nach derselben Rippe geformt werden, so wird, wenn letztere richtig entworfen wurde, zwar jede einzelne Glocke für sich einen harmonischen Klang haben, aber das ganze Geläute wird, wie die Erfahrung bei vielen Geläuten lehrt, dessen ungeachtet ohrzerreissend klingen*). Soll ein Geläute von 3 Glocken z. B. mit den Haupttönen *c*, *e*, *d* gegossen werden und ist die Rippe für alle 3 Glocken gleich, wobei sie ihrer Construction nach diesen oder jenen Accord angeben mag, so muss stets eine Disharmonie entstehen. Ergiebt nämlich die tiefste Glocke den Dreiklang , so würden die anderen beiden die unangenehme Musik  dazu läuten. Wenn das Geläute dagegen in der That den *c-Dur*-Accord darstellen soll, so ist erforderlich, die Rippe der zweiten Glocke so zu entwerfen, dass als Mittelton statt der grossen die kleine Terz erscheint, und die Rippe der dritten Glocke so, dass statt der Terz die Quarte zwischen den beiden Octaven liegt; also .

Der erfahrene Glockengiesser Herr **G. Hamm** in Kaiserslautern hat das Verhältniss der ungleichen Tonstärke bei harmonirenden Glocken, ähnlich wie es bei Pianos durch dickere und längere Saiten in der höheren Octave theilweise gehoben wurde, dadurch verbessert, dass er die einzelnen Glocken in deren Stärkeverhältniss zu einander nicht gleich genommen hat, wodurch er eine bedeutende Ersparniss an Glockengut bei Anschaffung eines vollständigen Geläutes erzielte. **Hamm** bringt die höheren Töne mit grösseren und die tieferen Töne mit kleineren Glocken hervor, als dies bisher geschehen ist. Ein *d-Dur*-Geläute, aus einem vollständigen Accorde *d, fis, a, d* bestehend, würde z. B. wiegen:

Nach der gewöhnlichen Berechnung:		Nach **Hamm's** Berechnung:	
d =	1200,0 Kilogr.	*d* =	850,0 Kilogr.
fis =	614,5 »	*fis* =	535,0 »
a =	355,5 »	*a* =	402,5 »
d =	150,0 »	*d* =	212,5 »
Summa =	2320 Kilogr.;	Summa =	2000 Kilogr.

Bei gleichmässigerer Tonstärke erspart also **Hamm** bei einem solchen Geläute noch 320 Kilogr. Glockenmetall.

Vorzügliche Glocken liefern auch **C. Hackenschmidt** in Berlin, **X. Gugg** in Salzburg, **Morel** in Lyon, **Mears** und **Gloucester** in London.

Seit etwa 50 Jahren hat man in Berlin und Wien versucht, Glocken aus **Gusseisen** herzustellen. Die königl. Eisengiesserei zu Berlin liefert Glocken von 1 bis 30 Ctr., die nach derselben Rippe, wie die bronzenen gefertigt werden und nur in der Wandung etwas stärker gehalten sind. Sie haben einen starken Ton, der aber etwas rauh ist.

Die **Gussstahlglocken** des Bochumer Stahlwerkes (S. 17) kosten nur $^2/_5$ vom Preise der Bronzeglocken und sind dieselben dadurch sehr bekannt geworden, dass sie auf den verschiedenen Weltausstellungen vertreten waren, und dort geläutet wurden. Im Jahre 1867 waren in Paris 3 Stahlglocken ausgestellt, die ein ziemlich wohltönendes Dreiklanggeläute bildeten, dieselben hatten ein Gewicht von 8750, 4000 und 1750 Kilogr., das Gewicht einer 4. ausgestellten Stahlglocke betrug 14750 Kilogramm. Es wird zwar von den Preisrichtern und von den Gemeinden, die Stahlgeläute angeschafft haben, bezeugt, dass diese Glocken den gewöhnlichen Bronzeglocken in keiner Beziehung nachstehen. Der Verfasser dieses, der mehrere Stahlgeläute gehört hat, ist nicht derselben Meinung; es ist auch ganz natürlich, dass wegen der grösseren Härte des Metalls, der Ton schwächer, kürzer und schriller sein muss, als bei den bronzenen Glocken, und ist bei dem höheren Preise der letzteren zu berücksichtigen, dass im leicht möglichen Falle des Zerspringens einer

*) Vergl. die treffliche »Glockenkunde« von **Heinrich Otte**. Verlag von **Weigel** in Leipzig 1858.

Stahlglocke das Metall völlig werthlos geworden ist, während eine gesprungene Bronzeglocke umgegossen werden kann.

Nur ärmeren Gemeinden dürfte die Anschaffung der Stahlglocken zu empfehlen sein.

Die Gewichte ähnlicher, also nach derselben Rippe geformter Glocken, von gleichem Metalle verhalten sich zu einander, wie die Cubikzahlen ihrer Durchmesser. Bezeichnet daher:

S das gesuchte Gewicht einer Glocke,
N den unteren Durchmesser derselben,
s das bekannte Gewicht einer Musterglocke und
n deren Durchmesser, so ist:

$$S : s = N^3 : n^3, \text{ oder:}$$

$$S = s \frac{N^3}{n^3}, \text{ und } N = \sqrt[3]{\frac{S \cdot n^3}{s}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (225)$$

Für Baubeamte, die zuweilen in die Lage kommen, Glocken herunter zu nehmen und zu transportiren, kann es nützlich sein, die annähernden Gewichte derselben zu kennen: die folgende Tabelle *) giebt dieselben auf den unteren Durchmesser der Glocke bezogen.

Unterer Durchmesser in Meter	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
	Gewicht der Glocke in Kilogramm.									
0,	—	—	—	15	34	67	116	184	275	392
1,	537	714	927	1179	1472	1810	2197	2635	3128	3678
2,	4289	4966	5710	6524	7412	8378	9424	10553	11769	13075

Die Form des Klöppels zum Läuten der Glocken ist in Fig. 496 angegeben, derselbe wird aus weichem Eisen geschmiedet und am Anschlagballen an der Stelle, wo er die Glocke berührt, möglichst glatt bearbeitet. Der untere Stumpf c dient zur Umschlingung eines Seils, wenn die Glocke nur angeschlagen werden soll; bei grösseren Glocken auch zum Festhalten des Klöppels zu Anfang und Ende des Läutens. Das Gewicht des Klöppels wird nach dem Gewicht der Glocke bestimmt und man pflegt auf je 200 Kilogr. Glockengewicht 5 Kilogr. Eisen zu rechnen.

In Fig. 496 ist eine sehr zweckmässige und empfehlenswerthe Aufhängung des Klöppels in der Glocke, sowie eine einfache und sichere Befestigung der Glocke an der Schwingungswelle (auch Joch oder Wolf genannt) dargestellt, die ein leichtes Umdrehen der Glocke gestattet; dieselbe ist von dem geschickten Glockengiesser Herrn **G. Hamm** in Kaiserslautern construirt. Der Bolzen p ist nämlich in dem Mittelstück der Glockenkrone festgegossen, er hat unten einen festen Kopf auf den sich das Hängeeisen n legt, welches durch die mit Gewinde versehene Mutter o festgestellt werden kann. Nachdem dieser Bolzen festgegossen ist, lässt er sich natürlich nicht mehr heraus nehmen, das Hängeeisen n aber lässt sich beliebig herumdrehen und an jeder Stelle vermittelst der Mutter o festschrauben, wodurch ein gleichmässiges Abnützen des Klöppels an seinem ganzen Umfange ermöglicht wird. In dem Hängeeisen n ist ein Querbolzen fest vernietet, um den sich der Aufhängeriemen e legt, zwischen dem der Klöppel mittelst eines durchgezogenen Schraubenbolzens festgeschraubt ist; der Riemen besteht aus mehreren Lagen starken Rindleders.

Der Bolzen p ist mit dem Bolzen s durch die Mutter u verbunden; diese vereinigte Schraube ist allein im Stande, die Glocke mit Sicherheit zu tragen. Unter die Nasen der Kronenhenkel greift aber noch ein schmiedeeiserner Ring r, der je nach der Grösse der Glocke von 4 bis 12 Schrauben t gehalten wird, dieser Ring dient eigentlich zur sicheren Befestigung der Glocke an dem Joche. Soll nun die Glocke, zum Zwecke der

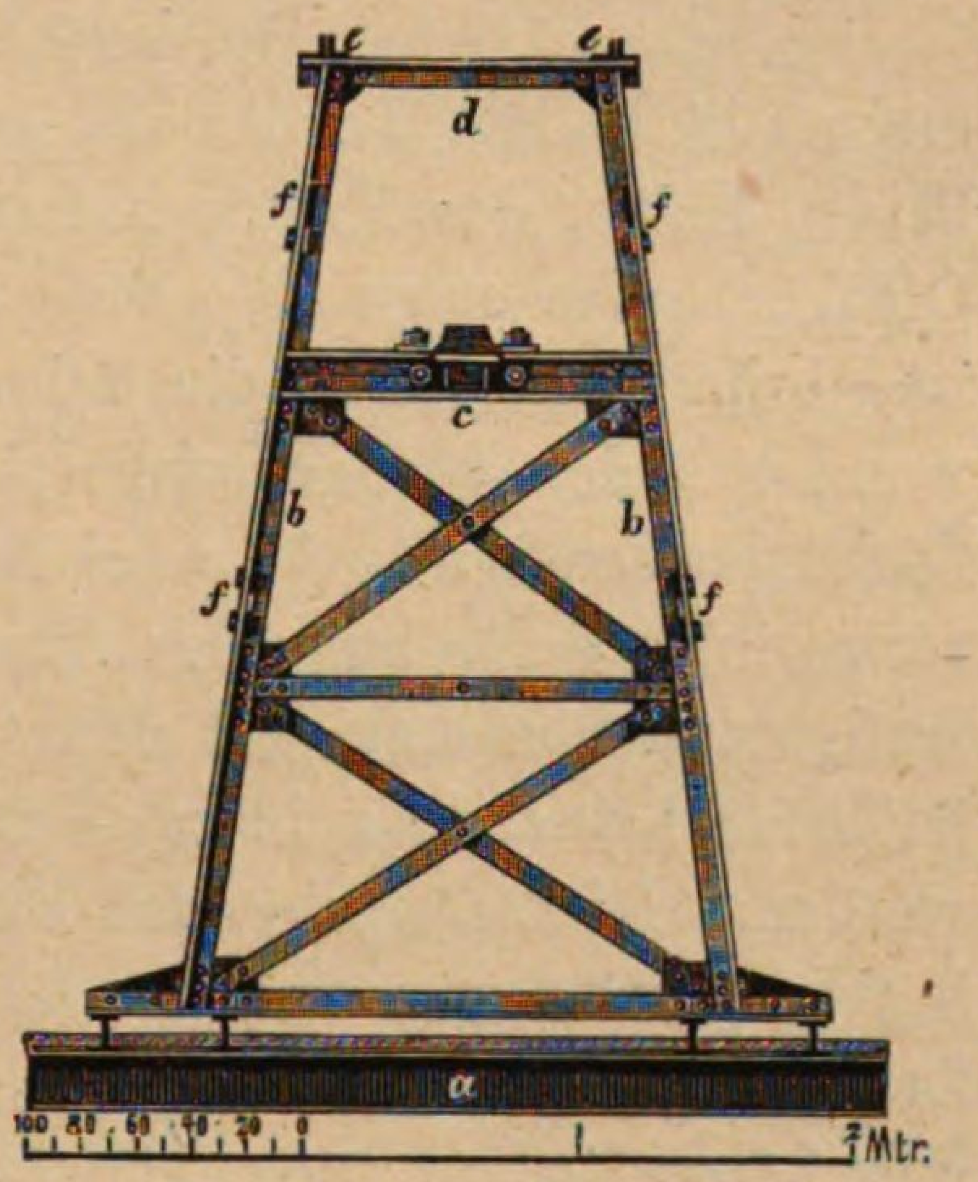
*) Entlehnt aus der Deutschen-Bauzeitung 1870. S. 238, wo dieselbe ausführlicher mitgetheilt ist.

gleichmässigen Abnutzung des Glockenrandes durch den Klöppel, umgedreht werden, so löst man die Schrauben t, wodurch der Ring r heruntersinkt, während die Glocke an den Bolzen s hängt und leicht um diesen entsprechend herumgedreht werden kann, worauf die Schrauben t wieder angezogen werden. **Hamm** hat 37 Ctr. schwere Glocken, die in der vorstehenden Weise am Joche befestigt waren, in ca. 5 Min. umgedreht. Bei Fig. 496 bezeichnet v die Drehzapfen des Joches, welche vermittelst der rechtwinklig angeschweissten Schraubenbolzen w und eines umgelegten eisernen Bandes in dem Jochholze befestigt sind. Wie in Fig. 496 angedeutet ist, wird das Jochholz zuweilen mit gemalten oder eingeschnittenen Ornamenten verziert. Das Joch wird auch oft aus Schmiedeeisen construirt.

§. 79. Construction der Glockenstühle.

Die Glockenstühle, worin die Lager für die Drehzapfen der Glockenjoche befestigt werden, construirt man am zweckmässigsten und billigsten aus Schmiedeeisen und zwar in Form der Fig. 497. Dieser Glockenstuhl ist nach Angabe des Glockengiessers **Grosse** in Dresden für die Zionskirche*) zu Berlin ausgeführt. Auf den I-förmigen gewalzten Deckenträgern a liegen 4 Querträger aus I-Eisen, worauf der Fuss des Glockenstuhles ruht. Dieser besteht aus Winkeleisen mit zwischengelegten Blechplatten, woran die geneigten Winkeleisen b angenietet sind. Bei c ist der Querträger angebracht, der die Glockenlager aufnimmt und sind die Winkeleisen b, ausser durch diesen Träger, unten noch durch Querflacheisen und Diagonalen, oben aber durch den aus Winkeleisen bestehenden Querträger d mit einander verbunden; die so hergestellten Tragwände nehmen bei c die Glockenjoche zwischen sich auf. Der obere Längenverband e verhindert, dass die Tragwände des Glockenstuhls ihre verticale Stellung und ihre Distanz von einander ändern können, welcher Zweck noch von den angeschraubten Diagonalen f unterstützt wird. Solche Glockenstühle lassen sich auch leicht mit mehreren Etagen, wo die Glocken übereinander hängen, in ähnlicher Form herstellen.

Fig. 497.



Wenn das Mauerwerk eines Thurms zu schwach ist und die Erschütterungen und Stösse, welche durch die Schwingungen der Glocken beim Läuten entstehen, nicht ohne nachtheilige Folgen aufnehmen kann, so empfiehlt Herr **Orth** den Fuss des Glockenstuhls auf Rollen zu stellen, wodurch dann die Stösse verarbeitet und von dem Mauerwerk abgehalten werden, da einerseits die verschiedenen Glocken an demselben Glockenstuhle bei ihrer verschiedenen Schwingungsdauer und gleicher Schwingungsebene einander entgegengesetzt wirken, andererseits sich die Gewichte des Glockenstuhls nebst Glocken durch Versuche zu ebener Erde so einrichten lassen, dass im ungünstigsten Falle der Rücklauf der schwersten Glocke schon beginnt und nach der entgegengesetzten Richtung wirkt, bevor der Glockenstuhl in seiner Bewegung ein bestimmt begrenztes Maass überschritten hat. Die Laufflächen für solche Rollen würden dann zweckmässig schwach gekrümmt herzustellen sein, wie dies Fig. 498 andeutet, damit die Rollen sich stets bei a befinden, wenn der Glockenstuhl in Ruhe gekommen ist. Der geringe Schub durch die Krümmung der Rollbahn kann nicht als nachtheilig angesehen werden. Jede Tragwand des Glockenstuhls würde vielleicht 2 solche Rollen erhalten müssen, wobei die Rollen in einem Rahmen zu führen sein würden.

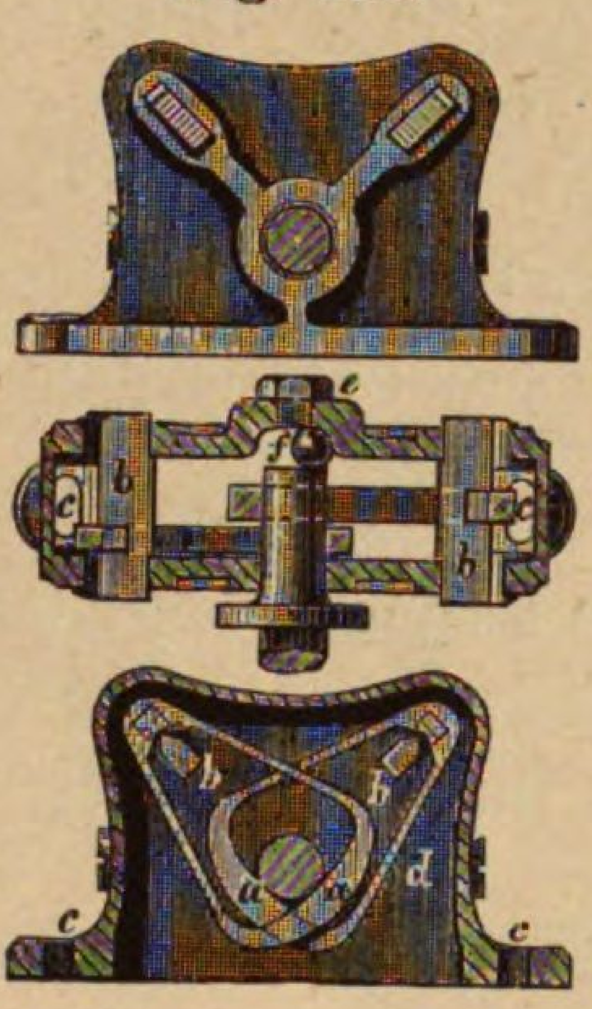
Fig. 498.



*) Von dem Erbauer dieser Kirche, Herrn Architekten **A. Orth** mitgetheilt in Erbkam's Zeitschr. f. Bauw. 1873. S. 431.

Um die Arbeit des Läutens bei schweren Glocken möglichst zu erleichtern, ist für die Bochumer Stahlglocken das in Fig. 499 in der Ansicht, im Horizontalschnitt und im Verticalschnitt dargestellte Lager*) construirt worden, wodurch die Zapfenreibung auf ein Minimum gebracht werden soll. Die beiden Stahlbügel *a* hängen auf den Stahlschneiden *b* so neben einander, dass dieselben über *b* kleine schwingende Bewegungen machen können. Das gusseiserne Gehäuse, worin die Stahlschneiden festgekeilt sind, umschliesst die ganze Vorrichtung und hält den Staub von den reibenden Flächen ab. Zur Befestigung des ganzen Lagergehäuses auf dem Glockenstuhl dienen die Löcher *c*, durch welche Schraubenbolzen gezogen werden. Damit die Lager vollkommen wirken ist erforderlich, dass die Axen beider Glockenzapfen genau eine gerade Linie bilden. Um dies zu erreichen, werden dieselben aus einem Stück hergestellt und beide Zapfen gemeinschaftlich abgedreht. Bei Aufstellung der Lager muss die abgehobelte Grundfläche genau horizontal auf der Unterlage aufstehen und muss letztere so solide hergestellt sein, dass durch das Gewicht der Glocke beim Einhängen keine Veränderung ihrer Lage mehr stattfindet. Durch die beiden mittelst Schrauben verschliessbaren Oeffnungen *d* zu beiden Seiten des Kastens, kann man die Bügel *a* so zusammenschieben, dass sich der Glockenzapfen nach Fig. 499 in beide Bügel legt; nachdem nun die Glocke eingehängt ist, bringt man durch die Schraubenöffnung *e* eine Kugel *f* zwischen die hintere Kastenwand und den Glockenzapfen, rückt das ganze Lager so, dass die Kugel an der Endfläche des Zapfens und an der Endfläche der Kastenwand fest anliegt, revidirt nochmals die rechtwinklige Stellung der Axenmitte gegen die Schwingungsebene der Glocke und befestigt dasselbe dann auf dem Glockenstuhl durch Anziehen der Schrauben *c*. Diese Lager bedürfen keiner Schmierung, es muss vielmehr alles Fett von denselben entfernt gehalten werden. Nach Angabe der Erfinder soll durch diese sog. »Antifrictionslager« bei sorgfältiger Aufstellung eine der besten Methoden der Glockenaufhängung erzielt werden. Die Drehzapfen müssen in der Wand der Lagerkasten einen geringen Spielraum haben, damit hier keine Reibung erzeugt wird.

Fig. 499.



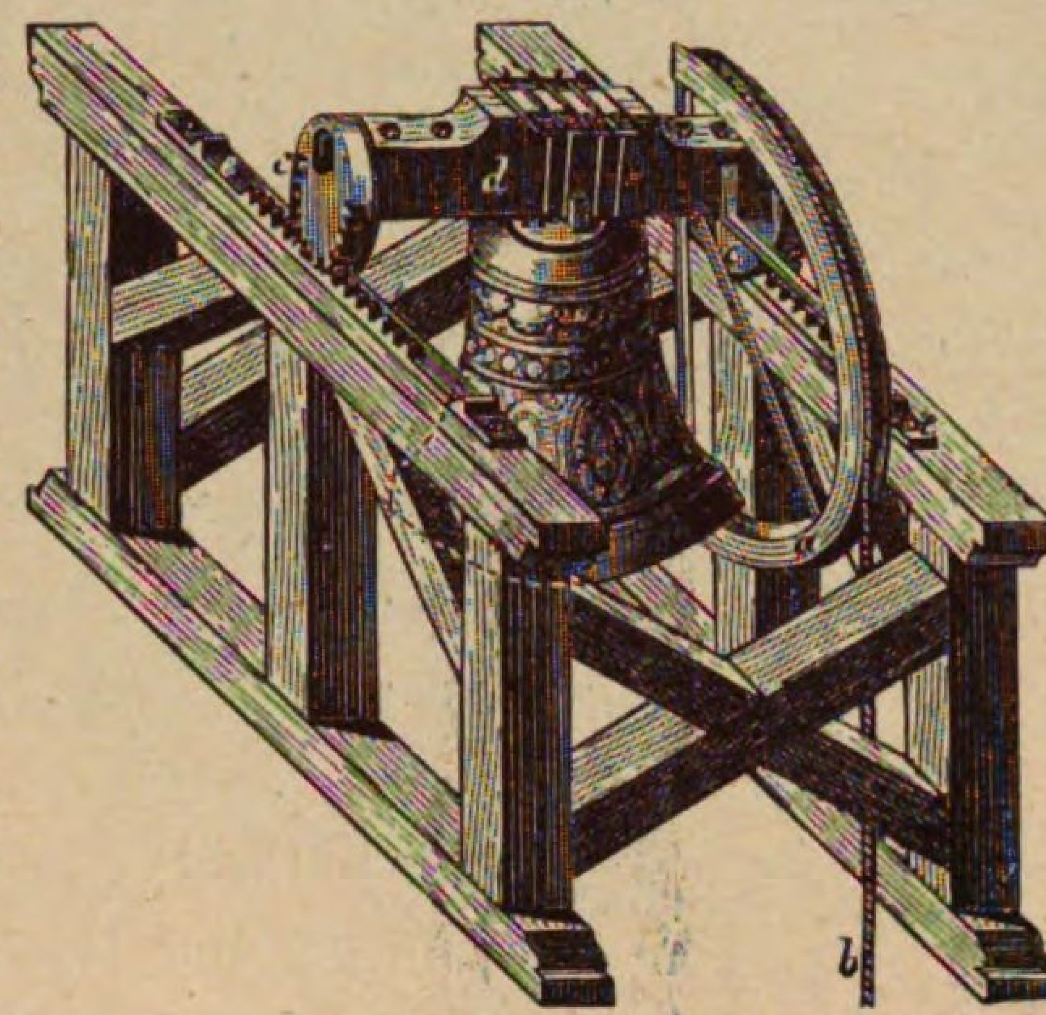
Durch ein Tieferlegen der Drehzapfen mehr nach dem Schwerpunkte der Glocke zu, erreicht man ein viel leichteres Läuten, indem eine Verminderung des Schwingungsradius stattfindet, doch wird hierdurch das Anschlagen des Klöppels abgeschwächt, und wenn man die Zapfen *v* Fig. 496 so tief legt, dass sie mit dem Schwingungspunkte des Klöppels in dem Hängeeisen *n* fast in eine Horizontalebene zu liegen kommen, so hört das Anschlagen des Klöppels ganz auf, da derselbe dann die Schwingungen der Glocke genau mitmacht. Aufhängevorrichtungen, die eine Verminderung des Schwingungsradius bezwecken, sind sehr verschiedenartig construirt worden. Der Glockengiesser Herr **Grosse** in Dresden hat ein Patent auf eine solche Vorrichtung, welche für die Glocken der Zionskirche verwendet ist, worüber der Architekt Herr **Orth** berichtet, dass das Ausklingen des Tons der Glocken darunter etwas leidet, und dass es vorzuziehen sei, etwas mehr Arbeit beim Läuten aufzuwenden, um dadurch den Ton voller klingend zu erhalten.

Die beste derartige Aufhängevorrichtung ist jedenfalls die von dem Herrn Kreisbaumeister **Ritter** in Trier construirte, worauf derselbe in Preussen und in 24 anderen Staaten ein Patent erhalten hat. Ein Bild dieser Glockenaufhängung giebt Fig. 500; das Joch *d*, woran die Glocke hängt, ist nämlich zwischen 2 gusseisernen Rollen *c* befestigt, die sich auf gehobelten gusseisernen Unterlagsplatten *e* wälzen. Soweit die Rollen *c* sich beim Schwingen der Glocke drehen, sind dieselben auf $^1/_3$ bis $^1/_2$ ihrer Breite mit einer Verzahnung versehen, welche in entsprechende an den Unterlagsplatten angegossene Zahnstangen eingreift. Hierdurch wird bewirkt, dass beide Rollen *c* sich gleichmässig auf

*) Vergl. Deutsche Bauzeitung 1871. S. 215.

den Unterlagern drehen müssen und keine für sich verschoben werden kann. Das Zugseil *b* liegt in der Rinne des bogenförmigen Hebels *a*, wodurch das Seil beim Läuten **senkrecht** ab- und aufwärts geführt, und die Reibung der Seile in den Deckendurchgängen vermieden wird. Beim Läuten wälzen sich nun die beiden Rollen *c* mit der Glocke auf den beiden Lagerflächen ähnlich wie bei einer Wiege auf und ab, ohne Erschütterungen auf den Glockenstuhl auszuüben und ohne Schmiermittel zwischen den wälzenden Flächen zu erfordern. Nach einem Atteste des Herrn Geh. Baurath **Giersberg** braucht man zum Läuten der Glocken mit der **Ritter**'schen Aufhängung nur $^1/_4$ der Kraft, welche bei der alten Aufhängung nöthig ist; daher können die kostspieligen Seile auch viermal so leicht sein, wie bisher. Fernere Vortheile dieser Aufhängung bestehen darin, dass die Glocke durch das Anschlagen des Klöppels weniger leidet, ohne Verminderung der Tonstärke zu bewirken, und dass der Glockenstuhl sowie das Thurmmauerwerk keinen Erschütterungen ausgesetzt ist, daher beides entsprechend schwächer construirt werden kann. Auch können 3 Glocken über einander gehängt und von unteren Etagen aus geläutet werden.

Fig. 500.



Die Lieferung der Aufhängevorrichtung, bestehend aus 2 Rollen sammt Lagerplatten, bogenförmigem Hebel mit Gegengewicht, Schrauben und Schraubenschlüssel etc., vermittelt Herr Kreisb. **Ritter** in Trier; auch liefert derselbe verbesserte Klöppel aus Schmiedeeisen mit den erforderlichen Befestigungsschrauben, sowie eine Bauzeichnung zu neuen Glockenstühlen aus Holz, wenn bei Umhängungen die alten nicht mehr brauchbar sein sollten. Die folgende Tabelle giebt die Kosten der Aufhängevorrichtung auf den Durchmesser der Glocke bezogen und das Honorar, welches dem Patentinhaber bei der Bestellung zu entrichten ist.

Unterer Durchm. der Glocke in Meter.	0,47	0,62	0,78	0,94	1,10	1,25	1,41	1,57	1,72	1,88	2,04	2,19	2,35	2,51
Kosten des Hängeapparates in Mark.	24	30	44	61	85	116	143	184	218	266	365	445	531	624
Kosten des Klöppels in Mark.	3	5,5	10	17	26	39	53	71	94	119	151	187	230	278
Honorar f. d. Patent-Inhaber in Mark.	15	15	15	15	30	30	45	45	60	60	75	75	90	90

Für Glockendurchmesser von 0,36 bis 0,47 Meter gelten die Preise der 1. Columne, für Durchmesser von 0,47 bis 0,62 Meter die der 2. Columne u. s. w. Der Ritter'sche Hängeapparat ist vielfach angewendet und hat sich vortrefflich bewährt, worüber zahlreiche Zeugnisse vorliegen.

IV. Bahnhofshallen.

§. 80. Verschiedene ausgeführte Bahnhofshallen.

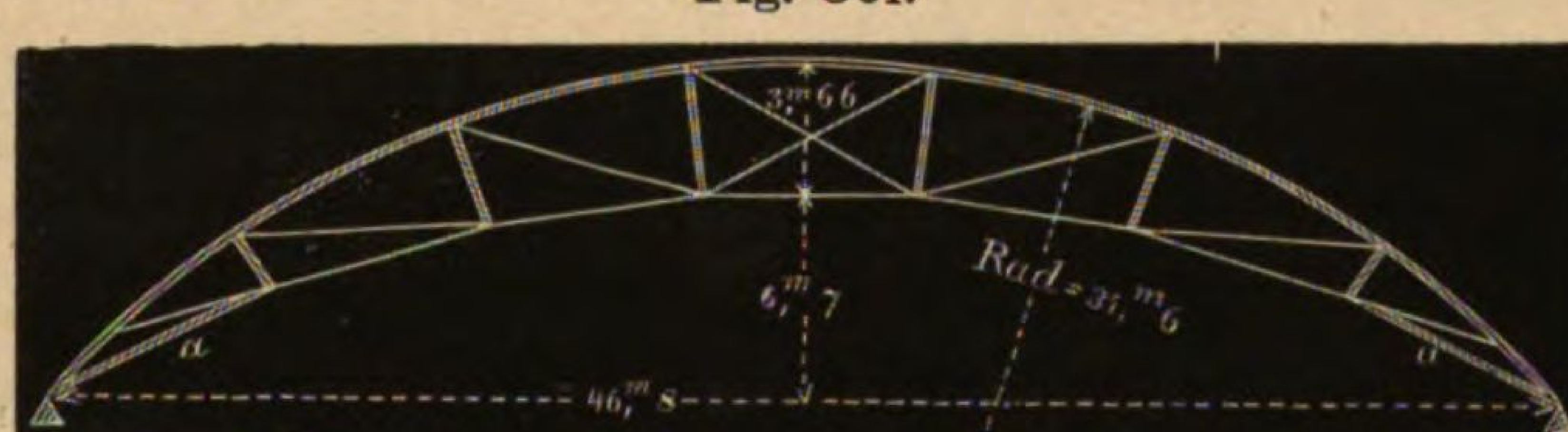
Zur Ueberdachung der neueren grossen Bahnhofshallen sind fast allgemein schmiedeeiserne Dachbinder ausgeführt, welche den Hallenraum ohne Zwischenstützen frei überspannen und nur auf den Längenmauern der Halle aufliegen; denn Stützen oder Säulen für die Binder auf den Perrons aufzustellen bietet für den Verkehr manche Unbequem-

lichkeit und ist beim etwaigen Entgleisen der Züge mit Gefahr verbunden; ausserdem aber haben vergleichende Kostenberechnungen ergeben, dass durch Aufstellung von Säulen als Zwischenstützen keine wesentlichen Ersparnisse erzielt werden, indem die Kosten der Fundamente, der Säulen, der Rinnenanordnungen etc., die Mehrkosten der frei überspannenden Dachconstruction fast vollständig aufwiegen.

Freitragend überdachte Bahnhofshallen sind zuerst in England ausgeführt und zwar von ausserordentlich grossen Spannweiten, denn in diesen Hallen liegen oft 10 Geleise und es sind ausser den beiden Seitenperrons noch 3 Mittelperrons angeordnet, von denen einer auch für Fuhrwerke eingerichtet ist, wie z. B. auf der vom Oberingenieur **W. H. Barlow** erbauten **St. Pankras-Station** der **Midland-Railway**. Die Binder dieser grossen Halle von 228,6 Meter Länge, 73,2 Meter Tiefe und 30,5 Meter mittlerer Höhe sind Gitterträger, in Form der englisch-gothischen Flachbogen mit gekreuzten Diagonalen. Sie sind durch 15 Fetten, auch als Gitterträger construirt, mit einander in Verbindung gebracht und gegenseitig abgesteift. Die Beleuchtung dieser Halle geschieht durch ein mittleres Oberlicht, welches etwa die halbe Breite der Halle einnimmt.

Die gebräuchlichsten Binder der englischen Bahnhofshallen sind die Sichelträger, deren Form in Fig. 171, S. 97 angedeutet ist. Solche Binder wurden für die Hallen der **Nordwestern-Bahn** in London, des **Centralbahnhofes** in **Birmingham**, der **Charing-Cross-Station** in London von der **South-Eastern-Railway** etc. ausgeführt. Bei diesen Trägern sind gedrückte Verticalstäbe und auf Zug beanspruchte gekreuzte Diagonalen angeordnet worden. Eine von dieser Anordnung abweichende Construction zeigen die Binder des älteren Hallendaches der **Lime-Street-Station** in Liverpool, deren Form Fig. 501 andeutet. Hierbei liegt die obere Gurtung in einem Kreisbogen von 31,6 Meter Radius und stehen die gedrückten Stäbe nicht vertical, sondern **radial**, wodurch dieselben etwas kürzer ausfallen; auch hat hier nur das mittlere Feld gekreuzte Diagonalen, während diese in den übrigen Feldern einfach vorkommen. Die Halle hat 114 Meter Länge und sind die Binder von 46,8 Meter Spannweite in Entfernungen von ca. 6,55 Meter aufgestellt; zwischen denselben sind 13 Stück Fetten angeordnet. Die obere Gurtung der Binder ist aus gewalztem I-Eisen gebildet, dessen Höhe ca. 23 Centim. beträgt, bei einer Flantschbreite von 11,4 und der Eisenstärke von 1,2 Centim., während die Verticalrippe dieses I-Eisens 2,2 Centim. stark ist. Jede obere Bindergurtung ist aus 7 Theilen zusammengesetzt, welche in den Knotenpunkten durch doppelte seitliche Deckbleche und durch ein oben aufgelegtes Deckblech mit einander vernietet sind. Sowohl die Fetten wie auch die radialen Stützen bestehen ebenfalls aus I-Eisen von 17,8 Centim. Höhe und 11,4 Centim. Breite. Die Diagonalen, aus 3,5 Centim. starkem Rundeisen, sind zwischen den Deckblechen der oberen Knotenpunkte mittelst Oehren und Bolzen, in den unteren Knotenpunkten aber mittelst Keilen befestigt. Von den radialen Streben hat man oben und unten die Flantschen abgehauen, so dass der Steg mittelst Drehbolzen zwischen den Blechen der Knotenpunkte befestigt werden konnte. In den 5 mittleren Feldern ist die untere Gurtung aus 3 Rundeisenstangen hergestellt, die nebeneinander liegen; die mittlere dieser Stangen hat 4,5 Centim. Durchmesser, während die beiden seitlichen nur je 3,8 Centim. stark sind. Zwei hochkantig gestellte Flacheisen von je 15,2 Centim. Höhe bilden in den beiden Endfeldern *a*, Fig. 501, die untere Bindergurtung, wobei die mittlere Zugstange des 2. Feldes bis an die obere Gurtung des Binders durchläuft und dadurch die beiden Flacheisen auf Druck beansprucht.

Fig. 501.



Das Dach ist mit verzinktem Eisenwellblech eingedeckt, dasselbe wiegt pro □Meter 16,3 Kilogr. und wird die Dachfläche durch 3 Oberlichter zur Beleuchtung der

Perrons unterbrochen. Die Wellblechtafeln haben 2,286 Meter Länge und 81 Centim. Breite.

Ein anderer Sichelträger, von ca. 40 Meter Spannweite, der für die Halle der **Victoria-Station** zu London von der **Chatam**-Eisenbahn ausgeführt wurde, ist in Fig. 502 dargestellt. Derselbe ist ein korbbogenförmig gestalteter Gitterträger, der durch ein unteres Zugstangensystem in Verbindung mit radialen Zugstangen zusammengehalten wird. Da hierbei sehr viele Verbindungsstellen erforderlich werden, so ist dieses System als unzweckmässig zu bezeichnen und soll dasselbe daher nicht näher beschrieben werden.

Fig. 502.

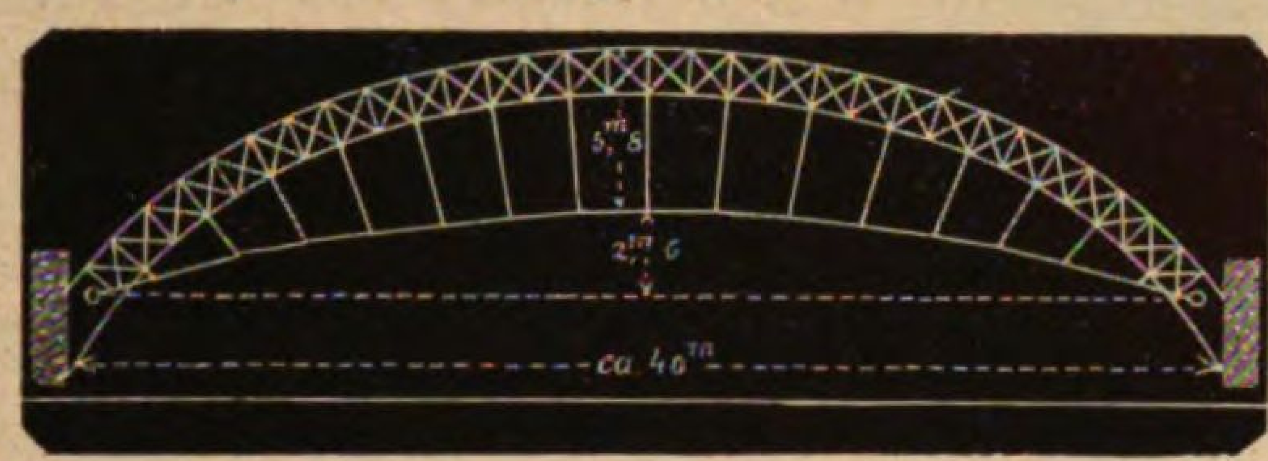
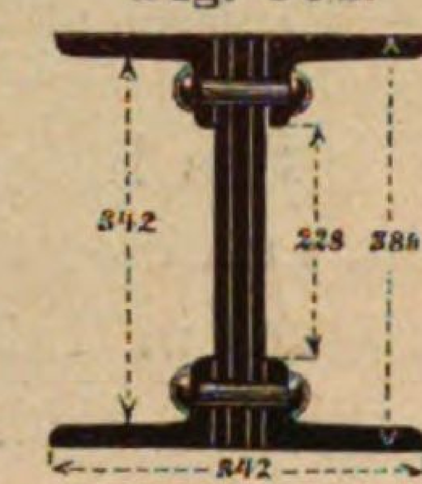


Fig. 503.



Fig. 504.



Rationell construirte Binder sind für das Dach der grossen Halle des **Centralbahnhofes in Birmingham** ausgeführt worden, und ist deren Form bereits auf S. 97 in Fig. 171 angedeutet. Diese Halle hat eine Länge von 256 Meter bei einer lichten Tiefe von 63,4 Meter und sind hier die Dachbinder in 7,315 Meter Abstand aufgestellt. Die obere Bindergurtung ist ein Kreisbogen von 63,4 Meter Sehnenlänge und 12,192 Meter Pfeilhöhe, sie ist als Blechträger ohne Lamellen construirt, wie dies der Querschnitt Fig. 503 darstellt. Nach den Auflagern zu ist diese Gurtung dem grösseren Drucke entsprechend, dadurch verstärkt, dass zu beiden Seiten der 17 Millim. starken verticalen Blechwand noch eine Blechplatte von 10 Millim. Stärke mit den Winkeleisen nach Fig. 504 vernietet ist, was nicht gerade als zweckmässig bezeichnet werden kann, da das Material zu nahe an der neutralen Axe liegt. Die Verbindung der oberen und unteren Gurtung an den Auflagern ist, wie Fig. 505 zeigt, durch die an der Blechwand *b* angenieteten Bleche *c* bewirkt, zwischen denen die untere Gurtung aus 10,2 Centim. starkem Rundeisen mittelst Keilen befestigt ist.

Fig. 505.

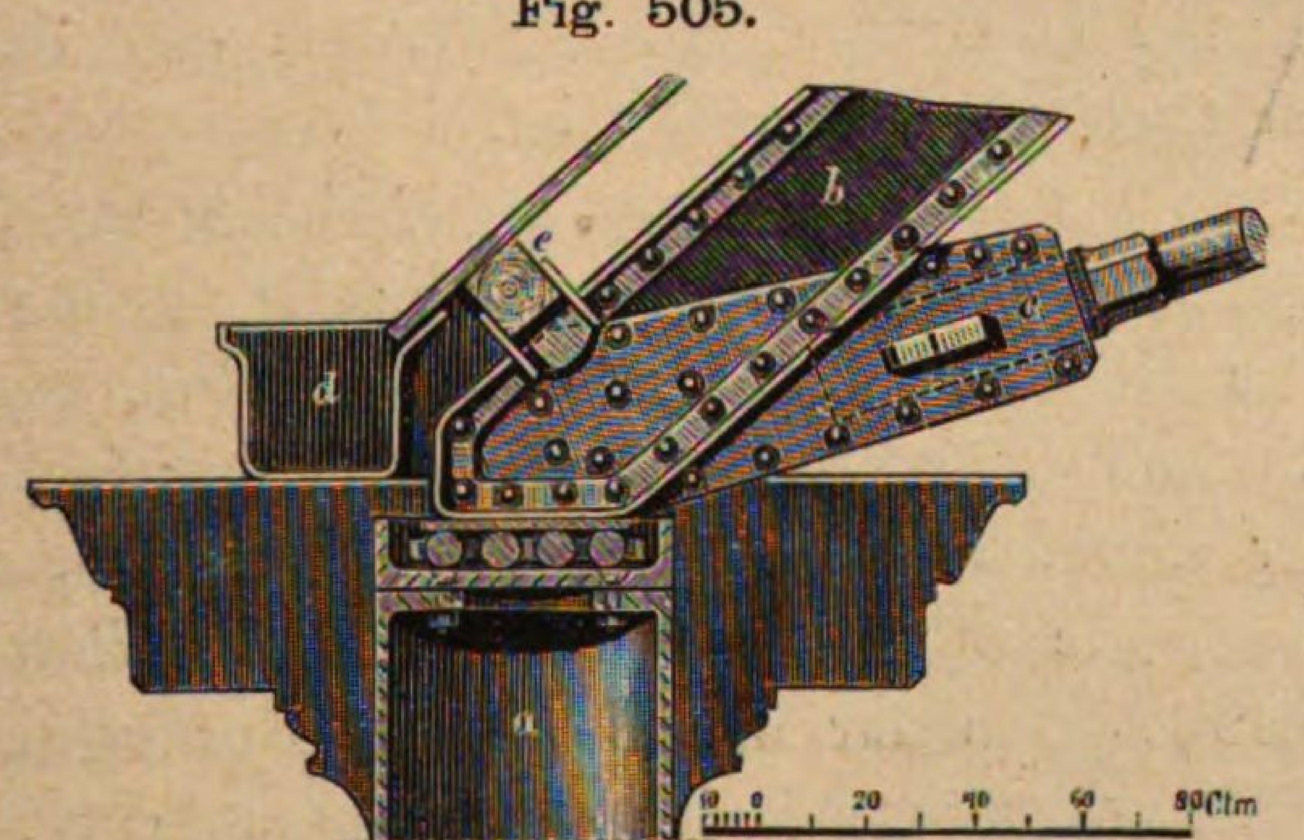
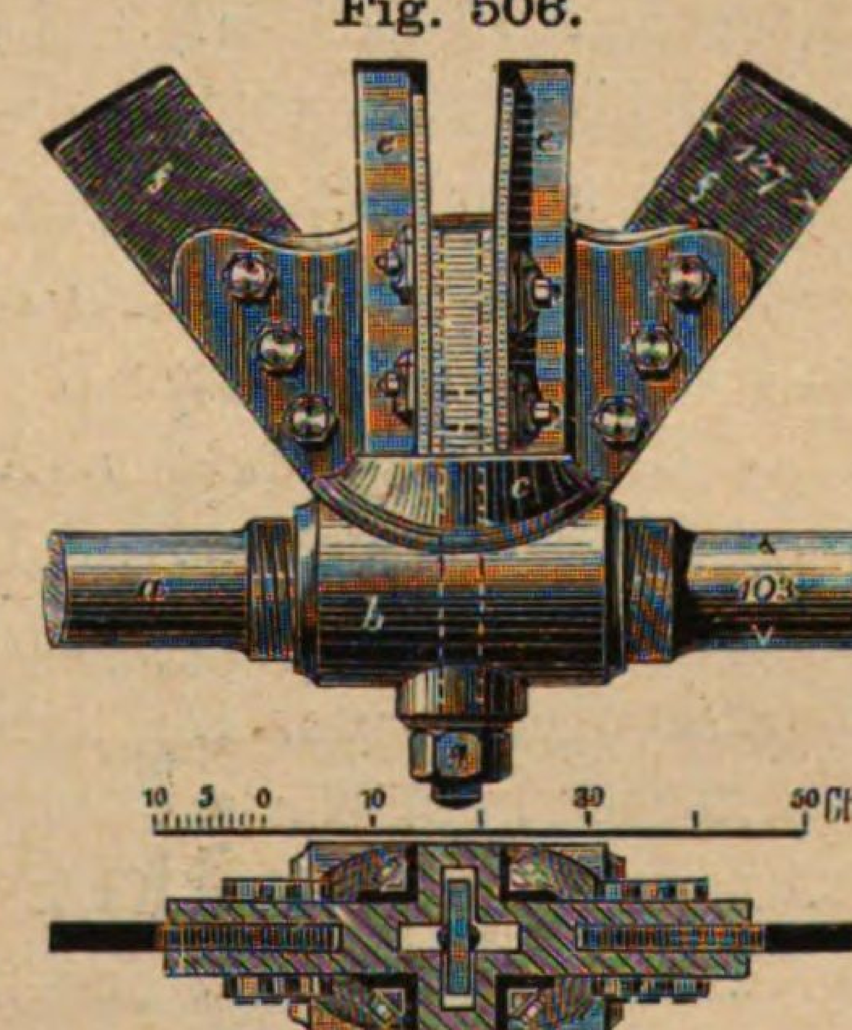


Fig. 506.

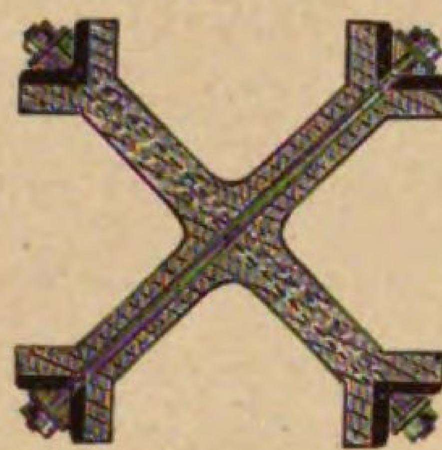


An einem Ende ruhen die Binder auf der nur 46 Centim. starken Längenmauer der Halle und sind mit dieser verankert, wogegen sie am andern Ende auf gusseisernen Säulen von 61 Centim. Durchmesser auf Rollschuhen aufstehen, damit die Binder ihre Länge durch den Einfluss der Temperatur ungehindert ändern können. In der Längenrichtung der Halle sind die Säulenköpfe durch Träger miteinander verbunden. Die 4 Stahlwalzen des Rollschuhes haben je 5,8 Centim. Durchmesser und 50 Centim. Länge; sie werden mittelst angedrehter Zapfen in einem schmiedeeisernen Rahmen geführt.

Aus Fig. 506 ist die Verbindung der Verticalen und Diagonalen mit der unteren Gurtung ersichtlich. Die Diagonalen *f*, aus Flacheisen von 12,7 Centim. Breite und 1,9 Centim. Dicke, sind durch 3 Schraubenbolzen mit einem Gusseisenstücke *d* verbunden, an dem auch die aus 4 Winkeleisen bestehenden Verticalen *e* angeschraubt sind. Die Winkeleisen der letzteren von 58 × 10 Millim. Schenkelabmessung, nach dem Horizontalschnitte Fig. 506 an dem ebenerwähnten Gussstücke befestigt, wurden nach ihrer

Längenmitte zu auseinander gebogen, wodurch sie die in Fig. 254 S. 136 angedeutete Form erhielten. In bestimmten Abständen sind die 4 Winkeleisen durch passend geformte Gussstücke nach Fig. 507 miteinander verbunden, wobei die beiden durch das Gussstück gezogenen Schraubenbolzen nicht in derselben Horizontalebene liegen. Mit den schmiedeeisernen Muffen *b*, die sich in den unteren ausgehöhlten Theil *c* des Gussstückes *d* Fig. 506 hineinlegen, ist das letztere durch die Schrauben *g* fest verbunden. Diese Schraube hat einen hakenförmigen Kopf, der in dem Horizontalschnitte Fig. 506 angedeutet ist. Sämmtliche Binder werden durch zwischengeschraubte Fetten aus I-Eisen, sowie durch 3,8 Centim. starke diagonale Rundeisenstangen, zusammengehalten. Die letzteren liegen auf der oberen Gurtung der Binder.

Fig. 507.



Ihre Beleuchtung erhält die Halle durch ein mittleres Oberlicht, welches sich über die mittleren 5 Felder der Binder erstreckt und mit geriffelten Rohglastafeln von 9 Millim. Stärke, in Tafeln von 1,83 Meter Länge und 40,7 Centim. Breite, eingedeckt ist. In dem mittleren Binderfelde des Daches ist ein Wrasenfang aufgebaut, durch den der Rauch aus der Halle abgeführt wird. Die übrige Dachfläche wurde mit verzinktem Eisenwellblech eingedeckt.

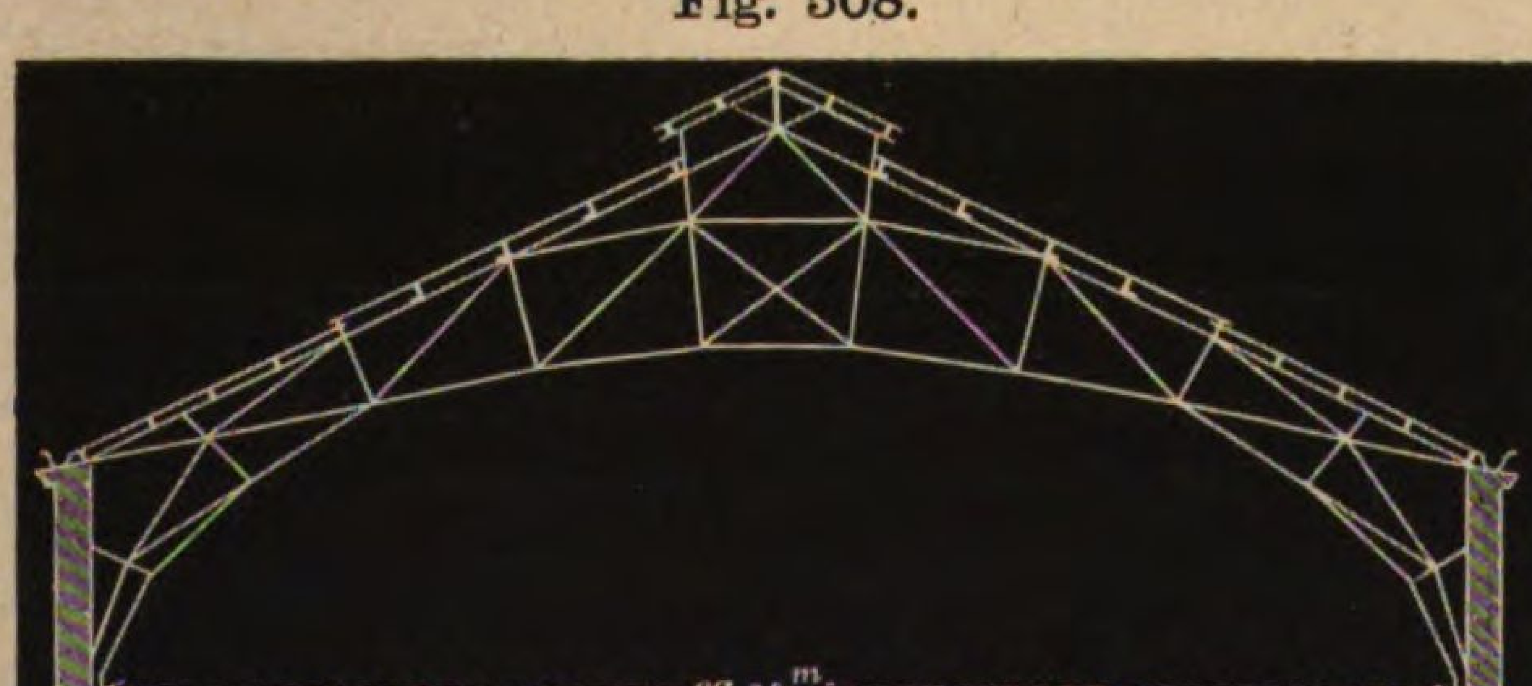
Die von dem bekannten Architekten **Hittorff** erbaute 180 Meter lange und 70 Meter tiefe Halle des **Nordbahnhofes** zu Paris hat keine freitragenden Dachbinder erhalten, sondern diese Halle ist durch 2 Säulenreihen in 3 Schiffe eingetheilt, wovon das Mittelschiff eine Weite von 35,34 Meter erhalten hat. Die Bindersparren des Satteldaches sind Blechträger von 55 Centim. Höhe, welche in einer Länge von der Hallenmauer bis zum First durchlaufen; dieselben sind über dem Mittelschiffe durch horizontale und geneigte Zugstangen zu dem einfachen Polonceau'schen Systeme ausgebildet, während sie als nicht weiter unterstützte geneigte Träger die anderen beiden Schiffe überdecken. Zwischen den 10 Meter von einander entfernten Bindern sind 23 Stück I-förmig gewalzte Fetten in ähnlicher Weise wie bei dem Binder Fig. 13, **Blatt 5** in 3,04 Meter Abstand befestigt. Diese I-Eisen haben 25 Centim. Höhe und 11,5 Centim. Flantschbreite, bei einer Stegstärke von 10 Millim.; auf denselben sind mittelst versenkter Schraubenbolzen noch Langhölzer von 15 Centim. Breite und 11 Centim. Höhe befestigt, auf denen die Schaalung aus 10 bis 12 Centim. breiten Brettern aufgenagelt ist.

Das unter ca. 18° geneigte oder etwas weniger als $^1/_6$ hohe Satteldach ist mit Zinkblech nach dem belgischen Systeme eingedeckt und hat das Dach in der Mitte ein Oberlicht von ca. 17,5 Meter Breite erhalten, dessen Glastafeln auf gewalzte Sprossen gelegt sind, die in 46,2 Centim. Abstand befestigt wurden. Die Glastafeln haben eine Länge von 0,75 bis 1 Meter. An der Einfahrt ist die Halle mit einer Wand aus Eisen und Glas von oben so weit abgeschlossen, wie es die Höhe der Locomotivschornsteine gestattet.

Die Kosten der Eisenconstructionen für die Halle des Nordbahnhofes betrugen pro □Meter Grundfläche ca. 36,5 Mark, während sich die Gesammtkosten des ganzen Bahnhofes auf 122 bis 130 Mark pro □Meter stellten.

Die beiden Hallen des Bahnhofes zu **Stuttgart** haben je 166,3 Meter Länge und 28,7 Meter lichte Weite. Zwischen denselben sind die Wartesäle und die übrigen erforderlichen Räume angeordnet. Die beiden Seitenperrons der Hallen haben je 7,54 Meter Breite. Fig. 508 zeigt die etwas unklare Construction der Binder dieser Hallen, deren Grundform eine Art Sichelträger, mit Streben auf den Hallenmauern abgestützt ist. Ge-

Fig. 508.



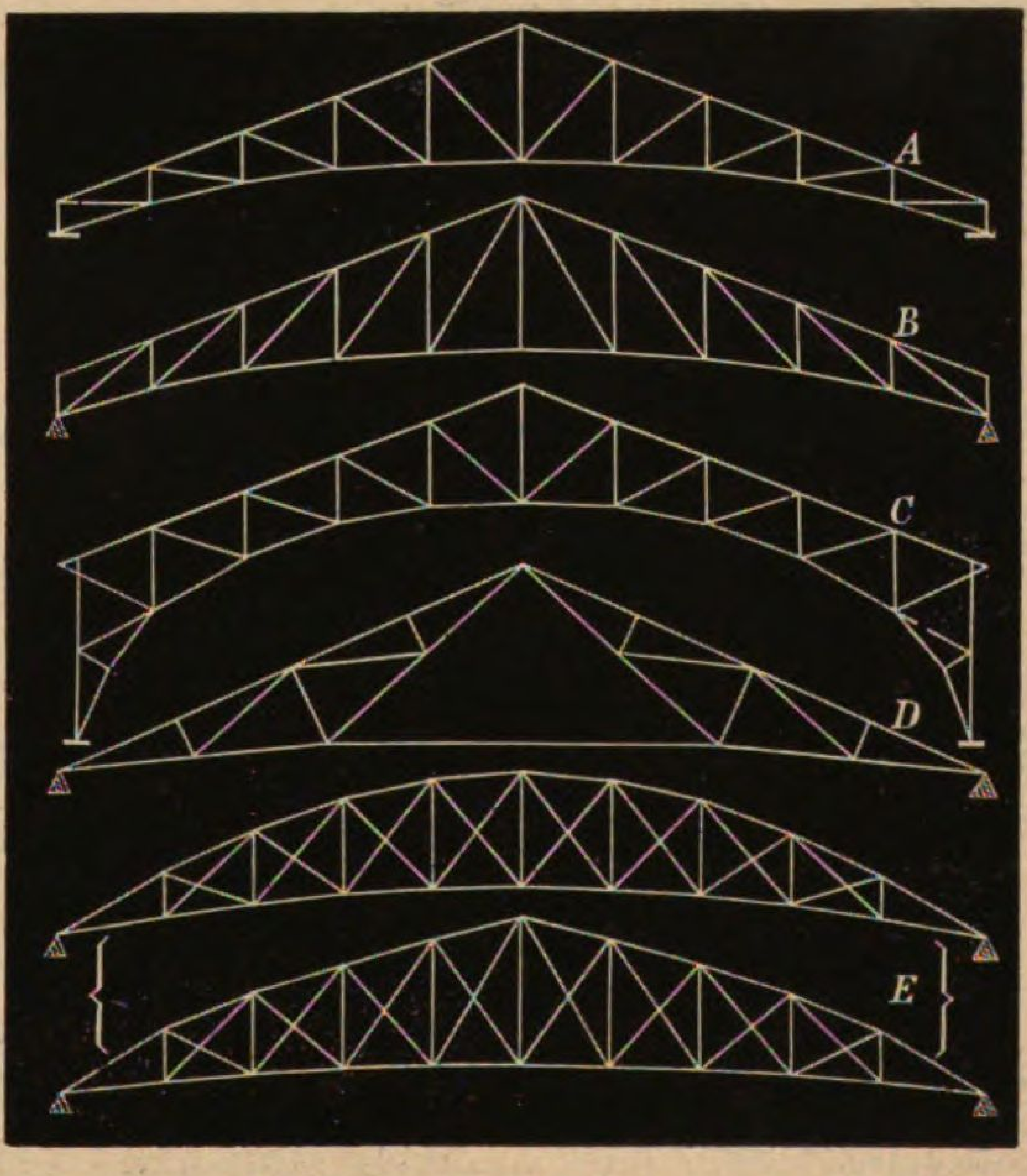
*) Mitgetheilt vom Herrn Oberbaurath **Morlok** in Förster's Bauzeitung 1867. S. 351.

wichtsangaben und Details der Dachconstruction sind in der angegebenen Quelle nicht vorhanden.

Auf dem **Main-Neckar**-Bahnhofe zu **Darmstadt** *) hat die ganz mit Glas bedeckte Halle 105 Meter Länge und 19 Meter Breite; sie hat 2 Geleise zwischen 2 Perrons, von denen der eine 8, der andere 4 Meter breit ist. Die 25 Stück Binder dieser Halle wurden nach dem einfachen Polonceau'schen System mit einer Dachneigung von $^1/_5$ construirt und in Entfernungen von 4,05 bis 5 Meter angeordnet; dieselben ruhen auf gusseisernen Säulen von 4,14 Meter Höhe, die 20 Centim. Durchm. und 2,5 Centim. Wandstärke haben, durch welche auch die Regenableitung stattfindet. Unten sind die Säulen ohne Fussplatte 55 Centim. tief in starke Quader der Perrons eingelassen und mit Cement vergossen. Die Hauptstreben der Binder bestehen aus gewalztem I-Eisen von 12,5 Centim. Höhe und sind dieselben auf den Stützen und im First gestossen. In jeder Dachfläche wurden 5 Stück Fetten aus Winkeleisen von 10,5 Centim. Höhe in Abständen von 2 Meter angeordnet, worauf ⊔-förmige Sparren liegen in 0,8 bis 1 Meter Abstand und sind hierauf die 12 Millim. starken Glastafeln befestigt. Die ⊔-Sparren bestehen aus 2 hochkantig gestellten Flacheisen 75 × 7 Millim. stark, die durch ein 5,7 Centim. breites ⊔-Eisen zwischen den Flacheisen gelegt, mit einander vernietet wurden. Die 74 Centim. breiten, 77,5 Centim. langen Glastafeln, welche sich von oben nach unten 6,5 Centim. lang überdecken, sind unten glatt, oben aber rauh in Sand gegossen, damit die Sonnenstrahlen gebrochen werden. In der Mitte des Daches ist ein Ventilator von 3 Meter Breite aufgebaut, der sich ca. 75 Centim. über den First erhebt und gleiche Neigung mit dem Dache hat. Die Eisenconstruction wurde von den Gebrüdern **Benckiser** in Pforzheim ausgeführt.

Die Kosten betrugen für die fertige Halle incl. der Fundamente 91566 Mark und beträgt die Grundfläche incl. der Dachüberstände 1928,5 □Meter, wonach 1 □Meter 47,48 Mark kostet. Ohne die Fundamente des Perrons kostete die Halle 79428 Mark, daher 1 □Meter der überdeckten Fläche 41,19 Mark. Die zwischen den Säulen liegende Grundfläche beträgt 1654,3 □Meter, es kostet also 1 □Meter, wenn die Dachüberstände nicht gerechnet werden ohne die Fundamente 48 Mark. Das gesammte Eisenwerk wiegt 2419,4 Ctr. und kostet 1 Ctr. 22,3 Mark. Auf der Halle liegen 3916 Glastafeln, diese wiegen 1336 Ctr., es wiegt 1 □Meter 30,88 Kilogr. und kostet 9,11 Mark.

Fig. 509.



Nach einer Berechnung des Herrn Baurath **Mohr,** Professor in Dresden, stellen sich die Gewichte der in Fig. 509 angedeuteten Binder von ca. 40 Meter Spannweite ohne Längenträger und Dachfläche, bei gleicher Spannweite, gleicher Belastung und gleicher Inanspruchnahme des Materials folgendermassen:

Der Binder	*A*	mit geneigten Streben und verticalen Zugstangen	wiegt	18700 Kilogr.
» »	*B*	» verticalen » » geneigten »	»	15300 »
» »	*C*	» geneigten » » verticalen »	»	19300 »
» »	*D*	als System Polonceau mit 2 Nebensystemen	»	13860 »
» »	*E*	» parabolische Sichelträger construirt	»	14250 »

*) Vom Herrn Baurath **Lichthammer** mitgetheilt im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. 1866. S. 55.

Hiernach ist also der Binder nach dem System Polonceau am leichtesten und nur wenig höher im Gewichte als dieser stellt sich der parabolische Sichelträger.

Von den neueren Bahnhöfen in **Wien** haben die Hallendächer der **Südbahn**, der **Kaiserin-Elisabethbahn** und der **Franz-Josephs-Bahn**, Binder nach dem System Polonceau erhalten, während die Binder der Halle von der **Nordwestbahn** als Sichelträger zur Ausführung gekommen sind.

Das prächtige, in den Detailformen schön durchgebildete Empfangsgebäude der **Südbahn** zu Wien, ist vom Jahre 1868 an, von dem Architekten dieser Bahn, Herrn **Flattich**, erbaut, und hat die Halle dieses Empfangsgebäudes eine Länge von 138 Meter und 35 Meter lichte Tiefe erhalten; in derselben sind 5 Geleise und 4 Perrons vorhanden. Das Satteldach der Halle hat eine Neigung von ca. 20 Grad; die Binder desselben, nach dem System Polonceau mit 2 Nebensystemen construirt, haben Streben, welche als Gitterträger mit gekreuzten Diagonalen ausgebildet sind; sie liegen in Entfernungen von 6,95 Meter von Mitte zu Mitte. Der mittlere Rauchabzug von ca. 6 Meter Breite ist mit gewelltem Zinkblech eingedeckt, wogegen zu beiden Seiten des Rauchabzuges ein Oberlicht angeordnet wurde, welches mit Doppelglas eingedeckt, etwa die halbe Breite der Halle einnimmt. Die untere Dachfläche ist auf hölzernen Zwischensparren verschaalt und mit Zinkblech eingedeckt. Ausser dem Oberlichte hat die Halle noch hohes Seitenlicht erhalten, welches vielleicht für sich allein hinreichend gewesen wäre, die Halle genügend mit Licht zu versorgen. Die Sprossen der Glasfläche des Oberlichts sind so vertheilt, dass zwischen zwei Bindern 15 Theilungen vorkommen, wonach die Sprossen also $\frac{695}{15} = 46{,}3$ Centim. von Mitte zu Mitte entfernt liegen. Ueber den beiden Endbinderfeldern an jedem Ende der Halle ist der Rauchabzug und das Oberlicht nicht ausgeführt. Die Einfahrt der Halle ist in entsprechender Höhe mit einer Wand aus Glas und Eisen abgeschlossen.

Bei dem Empfangsgebäude der **Elisabethbahn** (Westbahn) zu Wien, hat die Halle eine Länge von 164 Meter und eine lichte Tiefe von 27,5 Meter, 4 Geleise enthaltend mit einem Oberlichte in der Mitte des Daches von ca. $^2/_5$ der Hallenbreite; die Dachneigung beträgt ca. 27 Grad. Das Dach hat ebenfalls Binder nach dem Polonceau'schen System erhalten, die von den Ingenieuren Herren **Hornbostel** und **Kuhn** projectirt wurden.

Das im Jahre 1872 vollendete Empfangsgebäude der **Franz-Josephs-Bahn** zu Wien, nach dem Projecte der Architekten Herren **Ullmann** und **Barvicius** ausgeführt, hat eine Halle mit 4 Geleisen und 2 je 5,5 Meter breiten Perrons; dieselbe ist 139 Meter lang und 28,5 Meter breit. Das unter ca. 20 Grad geneigte Satteldach, mit Bindern nach dem einfachen System Polonceau, deren Hauptstreben aus Gitterträgern mit gekreuzten Diagonalen bestehen, hat kein Oberlicht erhalten, sondern die Halle wird durch hohes Seitenlicht vollständig beleuchtet. Die 23 Binder dieses Hallendaches sind in 6,3 Meter Abstand aufgestellt und ist der Längenverband in jeder Dachfläche durch 7 Stück hölzerne Fetten, die auf den Bindern befestigt sind, hergestellt, wobei als Windverstrebung in jede Dachfläche zwischen je 2 Binder ein diagonales Zugstangenkreuz eingelegt ist. Die Eisenconstruction dieses Daches wurde von der **Prager-Maschinenbau-Actiengesellschaft** geliefert. An der Einfahrt ist die Halle offen geblieben.

Das Empfangsgebäude der **Nordwestbahn***) zu Wien ist in den Jahren 1870 bis 1873 nach dem Entwurfe des Architekten **W. Bäumer** und unter dessen Leitung erbaut. Die Halle desselben ist 125 Meter lang und 39 Meter breit und sind die freitragenden schmiedeeisernen Binder dieser Halle als Sichelträger construirt; dieselben sind auf **Blatt 11** dargestellt. Die normale Binderentfernung von Mitte zu Mitte beträgt 10,5 Meter, mit Ausnahme von 2 Feldern, wo die Binder für ein Feld 7 Meter, für das andere 14 Meter Abstand haben und für diese Fälle, der Belastung entsprechend, schwächer resp. stärker construirt sind, als die Binder für die normale Entfernung.

*) Mitgetheilt von dem Architekten Herrn Professor **W. Bäumer** in Förster's Bauzeitung 1873. S. 8.

Wie der theilweise Längenschnitt der Halle, **Blatt 11**, Fig. 15, zeigt, wurden die Felder zwischen 2 Hauptbinder durch Fetten und je 2 schmiedeeiserne Zwischensparren in regelmässige Cassetten eingetheilt, um dem Auge sichere Ruhepunkte zu bieten. Das Licht erhält die Halle durch hoch angebrachte gekuppelte Fenster in den Längenmauern und durch ein Oberlicht, welches im mittleren Theil des Daches $^2/_5$ der Dachfläche einnimmt. Die Dachfläche ist aus Bretterschaalung auf Holzfetten genagelt und mit Zinkblech eingedeckt.

Für die statische Berechnung der Dachconstruction ist eine zufällige Belastung durch Schnee- und Winddruck von 140 Kilogr. pro □Meter Grundfläche zu Grunde gelegt und wurde vorgeschrieben, dass die grösste Inanspruchnahme des Schmiedeeisens 900 bis 1000 Kilogr. pro □Centim. Querschnittfläche nicht überschreiten sollte; wobei Schmiedeeisen, dessen absolute Festigkeit nicht mindestens 3500 Kilogr. pro □Centim. betrug, von der Verwendung ausgeschlossen war. Bei dem nur auf Druck beanspruchten Gusseisen sind pro □Centim. Querschnitt 1500 Kilogr. als zulässig erachtet.

Die Binder ruhen auf gusseisernen Unterlagsplatten auf den beiden Längenmauern der Halle, die über den Perrons 15,5 Meter hoch und 1 Meter dick sind. In Fig. 1, **Blatt 11** ist die Ansicht eines Binders dargestellt, und zwar in der **linken** Hälfte der **Hauptbinder**, in der **rechten** Hälfte der Zwischenbinder, bei welch letzterem jedoch die untere Gurtung, sowie die Verticalen und Diagonalen des Hauptbinders durchgezeichnet sind. Fig. 2 zeigt die Ansicht der als Gitterträger construirten 1,1 Meter hohen Firstfette *a*, Fig. 1, sowie die Verbindung derselben mit den Hauptbindern *f* und den Zwischenbindern *g*. Die Fetten *b*, Fig. 1, sind in Fig. 3 in der Ansicht dargestellt, sie sind ebenfalls als Gitterträger construirt, während die Fetten *c*, Fig. 1, als Blechträger ausgeführt und in Fig. 4 gezeichnet sind. Fig. 5 giebt das Detail der Verbindung des Hauptbinders mit der Firstfette; Fig. 6 das Detail der Verbindung des Zwischenbinders mit der Firstfette. In Fig. 7 ist die Seitenansicht dieser beiden Verbindungen dargestellt. Die Verbindung der Verticalen und Diagonalen mit der unteren Bindergurtung ist aus Fig. 8 und Fig. 5 zu ersehen und bestehen die gezogenen Diagonalen je aus 2 Winkeleisen, die gedrückten Verticalen aber aus 4 Winkeleisen, welche durch Gitterwerk nach Fig. 2 miteinander verbunden sind; die Kreuzung der Diagonalen im Schnitte $O — P$, Fig. 1, zeigt Fig. 14. Das Detail des Binderauflagers ist in Fig. 9 in der Ansicht und in Fig. 13 im Horizontalschnitt, die Befestigung der hölzernen Fetten an den Hauptbindern in Fig. 10 dargestellt. Fig. 11 giebt die Verbindung der Zwischenbinder mit der Fette im Punkte *b*, Fig. 1, sowie die Auflagerung der hölzernen Fetten, wogegen Fig. 12 dieselbe Verbindung mit den Hauptbindern darstellt.

Die eisernen Glassprossen, welche von Mitte zu Mitte ca. 50 Centim. entfernt liegen, werden von **T**-förmigen Fetten in Entfernungen von 1,4 Meter unterstützt und sind mittelst Winkeleisen auf den Flantschen der Binder festgenietet. Die Befestigung der Glastafeln (Doppelglas) geschieht mittelst Stiften, die in entsprechende Löcher der Glassprossen eingeschlagen sind.

An der Einfahrt ist die Halle mit einer verticalen Wand aus Eisen und Glas so weit abgeschlossen, wie es die Höhe der durchfahrenden Locomotiven gestattet. Diese Abschlusswand, deren Vorderansicht Fig. 16 darstellt, ist an dem letzten Binder aufgehängt und durch einen horizontal gelegten Gitterträger, sowie durch **I**-förmige aus Blech und Winkeleisen construirte Verticalen gegen Winddruck ausgesteift; vor den Verticalen sind gusseiserne Halbsäulen vorgeblendet. Die theilweise Ansicht der Abschlusswand in vergrössertem Massstabe ist in Fig. 17, der Horizontalschnitt durch dieselbe in Fig. 18 und der horizontale Gitterträger derselben in Fig. 19 dargestellt, während Fig. 20 den Querschnitt des Gitterträgers, sowie die Verbindung der Verticalen mit demselben zeigt. Vor dem Gitterträger ist eine Gallerie angebracht, von wo aus etwaige Reparaturen der Glaswand ungestört vorgenommen werden können.

Die Eisenconstructionen der Halle sind von der Firma Gebrüder **Benckiser** in Pforzheim

geliefert, da diese Firma von allen zur Concurrenz eingeladenen des In- und Auslandes die niedrigsten Preise gestellt hatte.

Das Gewicht der Constructionstheile betrug:

für einen Hauptbinder von 10,5 Meter Binderweite	12500	Kilogr.
» » » » 14,0 » »	15000	»
» eine Fette von 10,5 Meter Länge	733	»
» » » » 14,0 » »	1700	»
» » » beim Anfange des Oberlichtes bei 10,5 Meter Länge	833	»
» » » » » » » » 14,0 » »	2250	»
» » Firstfette von 10,5 Meter Länge	700	»
» » » » 14,0 » »	1675	»
» ein. Zwischenbinder unter d. Dachschaalung zwisch. je 2 Fetten	137	»
» » » » dem Oberlicht » » » »	475	»
» den Endbinder, woran die Glaswand hängt.	19500	»
» » Horizontalträger der Abschlusswand	5850	»
» das Geländer an diesem Träger	1500	»
» die Verstrebung der Wand	3200	»
» » gusseiserne Decoration der Abschlusswand	9150	»

Das Gesammtgewicht des eisernen Dachgerüstes beträgt ohne die Abschlusswand 321150 Kilogr. und da die bedeckte Fläche 4914 □Meter misst, so ist das Gewicht der Eisenconstruction des Daches pro □Meter Grundfläche:

$$\frac{321150}{4914} = 65{,}36 \text{ Kilogramm.}$$

Die Eisentheile der Abschlusswand wiegen 23450 Kilogr., daher die sämmtlichen Eisenconstructionen zusammen 344600 Kilogr. = 6892 Ctr. und kosteten dieselben 230000 Mark (115000 Fl. österr. Währung), wonach sich 1 Ctr. auf:

$$\frac{230000}{6892} = 33{,}372 \text{ Mark } (16{,}686 \text{ Fl. ö. W.}) \text{ stellt;}$$

während hiernach 1 □Meter der Eisenconstruction des Hallendaches:

$$\frac{33{,}372 \,.\, 65{,}36}{50} = 43{,}5 \text{ Mark kostete.}$$

Das fertige Hallendach kostete incl. Holzfetten, Schaalung, Zinkeindeckung, Glas, Anstrich etc. 320000 Mark (160000 Fl. ö. W.), daher 1 □Meter fertiges Dach im Grundrisse gemessen:

$$\frac{320000}{4914} = 65{,}1 \text{ Mark.}$$

Mit der Eisenconstruction und Verglasung kostete die Abschlusswand allein 22000 Mark (11000 Fl. ö. W.).

Die Baukosten des vollständig fertigen im Putzbau ausgeführten Empfangsgebäudes betrugen zusammen ca. 2,25 Millionen Fl. und zwar waren die Effectivbaukosten pro 1 □Meter für die Abgangsseite = 161 Fl.; für die Ankunftsseite = 159 Fl. und für das Administrationsgebäude = 290 Fl. österr. Währung.

Von den neueren Bahnhöfen zu **Berlin** sind die Binder des Hallendaches von dem in den Jahren 1867 bis 1869 vom Herrn Baurath **Römer** erbauten Empfangsgebäude der **Niederschlesisch-Märkischen-Eisenbahn** *) ebenfalls als Sichelträger construirt.

Diese Halle hat eine lichte Weite von 37,66 Meter, eine lichte Länge von 208,36 Meter und ist auf 203,66 Meter Länge mit einem Dache überdeckt; sie enthält 5 Geleise zwischen 2 Perrons von je 7,53 Meter Breite. In 15,69 Meter Höhe über den Perrons sind, auf den ca. 1 Meter starken Längenmauern, die Auflager der 54 Stück Sichel-

*) Ausführlich mitgetheilt in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1870. S. 151. Ferner in der Deutschen-Bauzeitung 1869. S. 429 und 480. Die Aufstellung des Dachgerüstes ist von dem Herrn Baumeister **Sendler** durch Zeichnungen und Beschreibung erläutert in der Deutschen-Bauzeitung 1868. S. 538 u. 549.

träger angebracht, welche die Hauptbinder der Halle bilden, und die in Abständen von 3,766 Meter von Mitte zu Mitte liegen. Auf der einen Längenmauer sind die Binder auf einen bearbeiteten Sandstein gelegt, auf der anderen Mauer aber liegen sie auf einem Rollenlager. Fig. 510 giebt die Ansicht eines Binders, bei dem die 5 Mittelfelder je 5,02 Meter Weite haben und zusammen der Breite der 5 Hallengeleise entsprechen. Die Knotenpunkte der oberen Gurtung dieser Binder liegen in einer Parabel von $^1/_5$ Pfeilhöhe, diejenigen der unteren Gurtung in einer Parabel von $^1/_{15}$ Pfeilhöhe. Die 5 Mittelfelder der Binder wurden ganz mit Rohglas eingedeckt, dagegen die beiden Felder über den Perrons mit Zinkwellblech. Ausser dem kleinen Satteldache im First, unter dem ein Rauchabzug offen gelassen ist, wurde die übrige mit Glas eingedeckte Fläche in kleine Pultdächer zerlegt, deren Neigung 1 : 3 bis 1 : 4 beträgt und dienen die Absätze unter den Pultdächern zur Ventilation der Halle, indem hier die Fetten als Gitterträger construirt sind, deren Maschen der Luft freien Durchgang gestatten. Der Knotenpunkt *B*

Fig. 510.

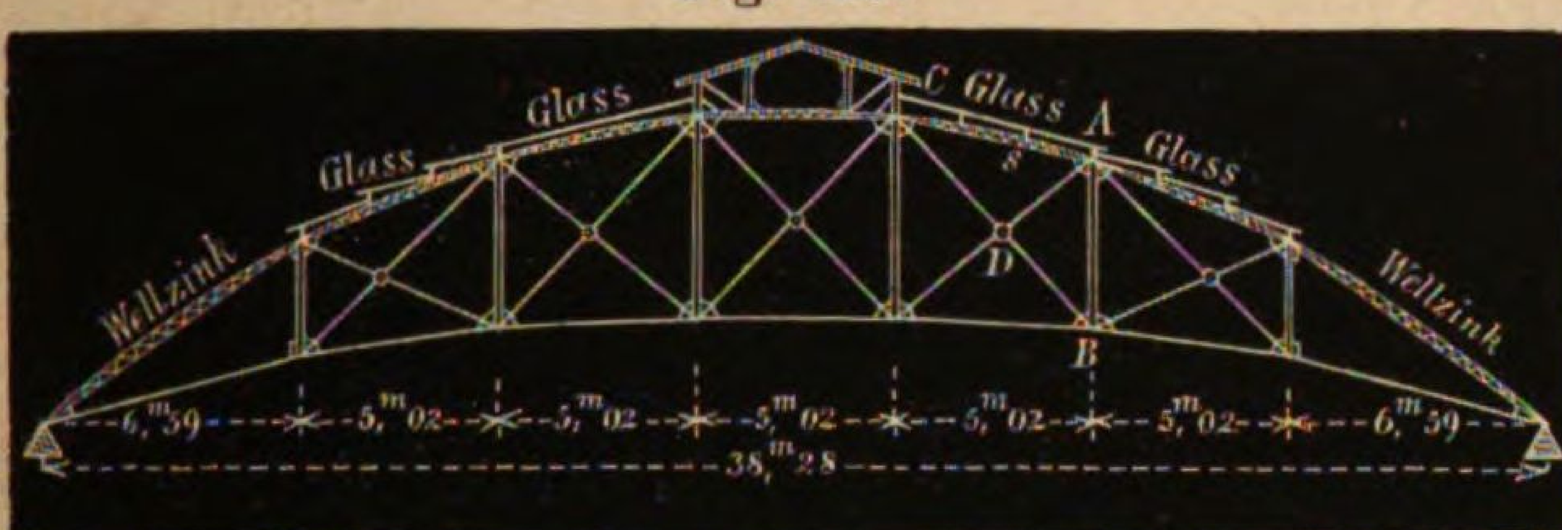
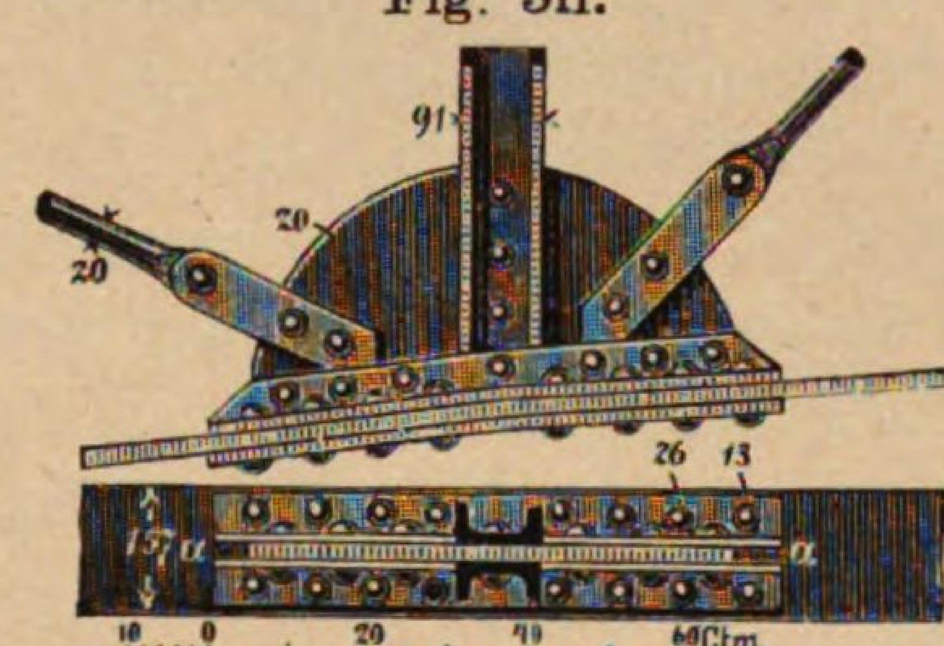
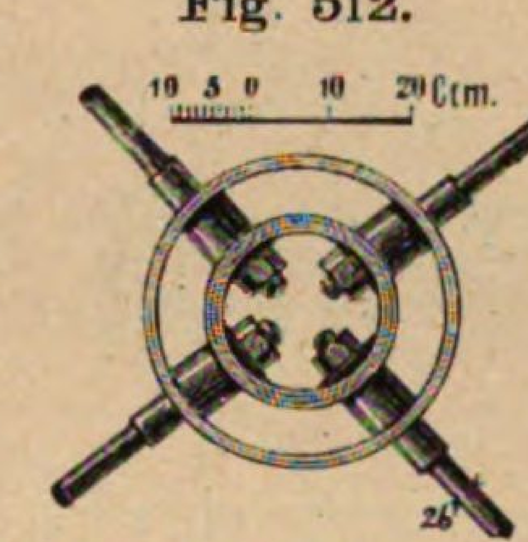


Fig. 511.



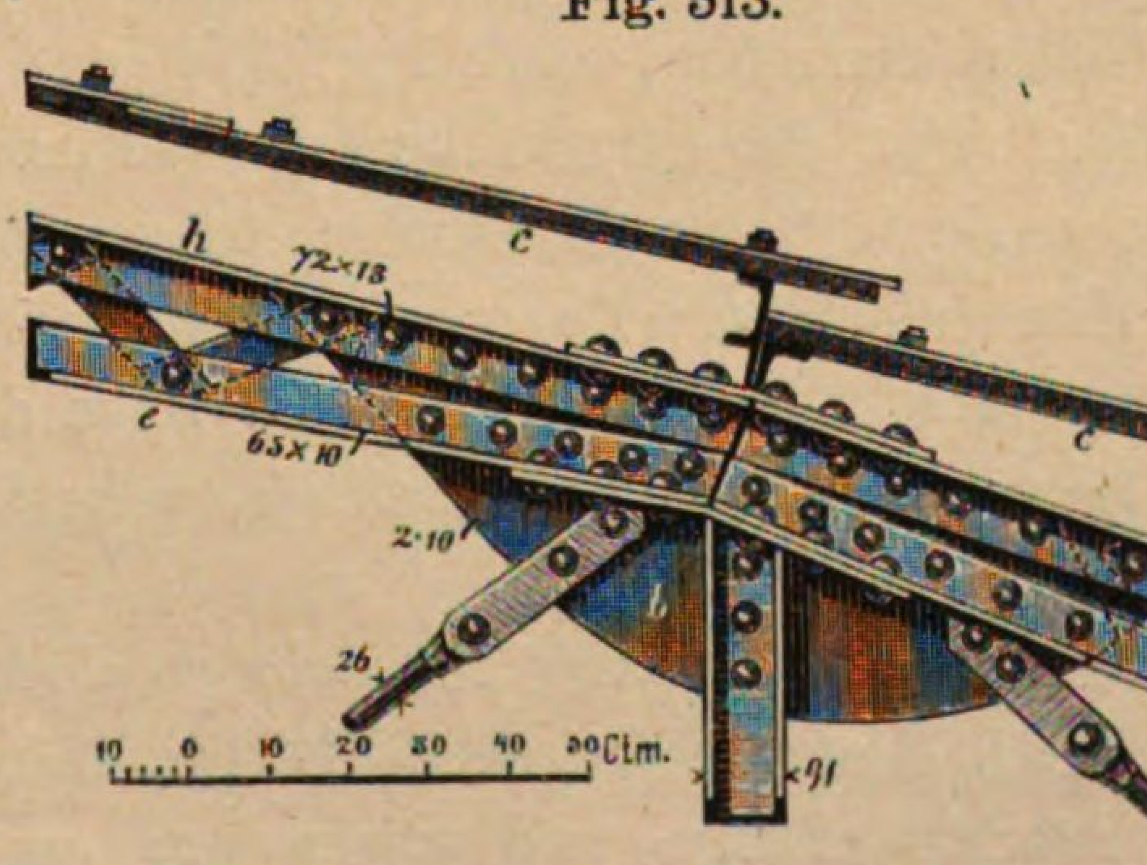
der Binder, Fig. 510, ist in Fig. 511 in der Ansicht und im Horizontalschnitte dargestellt. Die aus Flacheisen von 15,7 Centim. Breite bestehende untere Gurtung der Binder ist in den Knotenpunkten gestossen, sie ist hier mit einem Flacheisen und mit 2 Winkeleisen von 65 × 13 Millim. Schenkelstärke vernietet und damit die Gurtung durch die Nieten möglichst wenig verschwächt wird, so haben die ersten beiden Nieten von *a* aus nur 13, die übrigen aber 26 Millim. Durchmesser erhalten, ebenso auch in den verticalen Schenkeln, während die Nieten für die Verticalen und Diagonalen 20 Millim. Durchmesser haben. Die Verticalen bestehen aus 2 ⊔-Eisen, die Diagonalen aus Rundeisen. An den Kreuzpunkten sind die Diagonalen, nach Fig. 512, als Kreuzpunkt *D* Fig. 510, mit concentrischen gusseisernen Ringen, von **I**-förmigem Querschnitte verschraubt, wodurch sie nach Bedürfniss angespannt werden können.

Fig. 512.



Der Knotenpunkt *A* Fig. 510 ist in Fig. 513 wiedergegeben. An der Platte *b*, die aus 2 Blechlagen von je 10 Millim. Stärke besteht, sind die 4 Winkeleisen *h* und *e* angenietet, von denen die oberen *h* je 72 × 13, die unteren aber nur je 65 × 10 Millim. Schenkelstärke haben. Diese Winkeleisen sind nicht in allen Feldern gleich stark, sondern in den beiden Endfeldern ist *h* auf 78 × 13 Millim. verstärkt, während im Mittelfelde alle 4 Winkeleisen 65 × 13 Millim. Stärke besitzen. In den Knotenpunkten wurden desshalb doppelte Bleche gewählt, damit an dem einen dieser Bleche noch der erste Gitterstab mit vernietet werden konnte. Die Gitterstäbe bestehen aus Flacheisen von 52 × 10 Millim. Stärke, sie liegen nebeneinander zwischen den Schenkeln der Winkeleisen und werden je 2 Gitterstäbe von einem Nietbolzen gehalten.

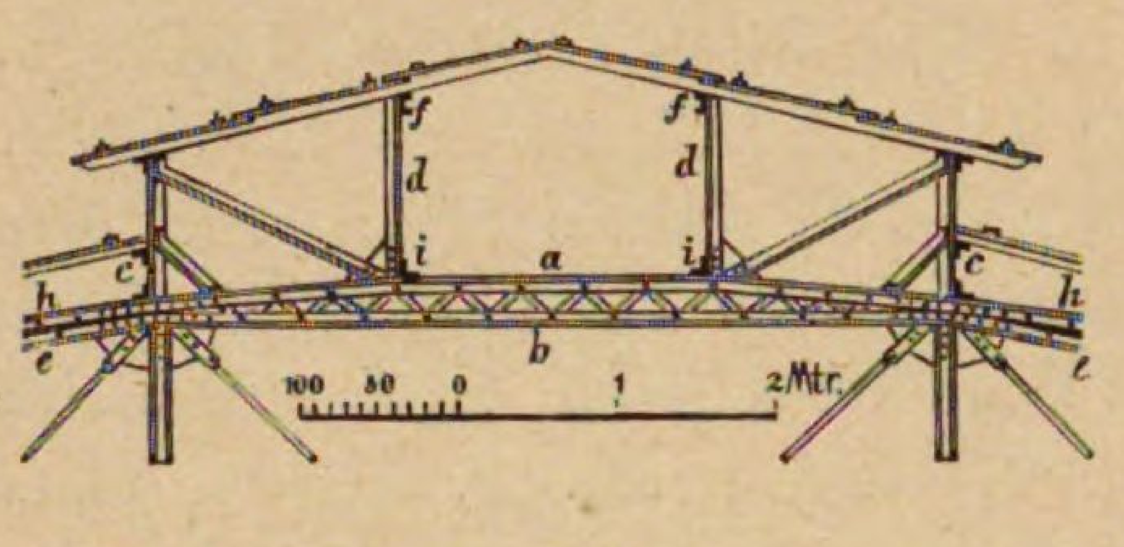
Fig. 513.



Einen Querschnitt durch den Aufbau im First des Daches giebt Fig. 514 a. f. S. Die grösste Höhe der gitterförmigen oberen Gurtung der Binder beträgt zwischen *a*—*b*

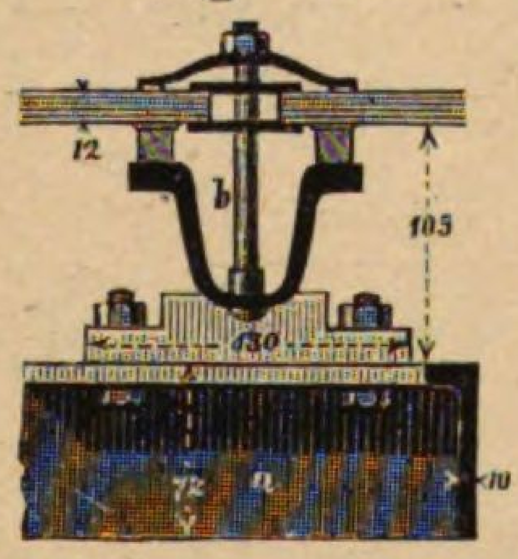
in den Aussenkanten der Winkeleisen gemessen 26 Centim.; zur seitlichen Aussteifung der Gurtung dienen die darüber liegenden Winkeleisen *i*, die mit der Gurtung und mit den Verticalen *d* vernietet sind; die Winkeleisen, woraus die letzteren bestehen, haben ungleiche Schenkel, nämlich 105 × 10 Millim. in der Richtung der Binder und 65 × 13 Millim. in der anderen Richtung. Im oberen Theil der Verticalen *d* sind die Fetten *f* angenietet, aus 9,2 Centim. hohem ⊏-Eisen bestehend, welche die Sparren aufnehmen, worauf die Glaseindeckung befestigt ist. Die Winkeleisen *c*, an den äusseren Verticalen angenietet, haben denselben Zweck, ihre Schenkelabmessung beträgt 72 × 10 Millim. Unter der Glaseindeckung bestehen die übrigen Fetten theils aus Gitterträgern, theils aus ⊏-Eisen; unter der Zinkeindeckung aber aus einfachen Winkeleisen mit ungleichen Schenkeln, wovon der aufrecht stehende Schenkel 72, der andere nur 59 Millim. Länge bei 10 Millim. Stärke hat. Alle Fetten haben 11,297 Meter Länge und reichen über 3 Binder; ihre Stösse sind so angeordnet, dass sie zwischen den Bindern liegen, jedoch abwechseln, damit nicht alle Stösse zwischen denselben Bindern vorkommen. Die Verbindung ist durch Laschen bewirkt, welche durch längliche Bolzenlöcher eine freie Längenänderung der Fetten gestatten.

Fig. 514.



Eigenthümlich geformt sind die Sparren, die als Sprossen für die Rohglaseindeckung dienen; diese bestehen nach Fig. 515 aus gewalzten Rinnen, deren oberen Flantschen die 12 Millim. dicken Glastafeln tragen, welche durch Spannplatten vermittelst der Bolzen *b* festgehalten werden. Die Sparren sind so vertheilt, dass je einer auf den Bindern und je 3 zwischen 2 Bindern liegen und auf den Fetten in gusseisernen Unterlagen befestigt sind. Da die Glastafeln 52 Millim. Zwischenraum auf den Sparren haben, so ergiebt sich eine gleichmässige Breite der Glastafeln von 91,5 Centim., und bei gegenseitiger Ueberdeckung von 13 Centim. haben die Tafeln je nach den Pultdächern auf denen sie liegen 1,046; 1,072; 1,128 und 1,177 Meter Länge. Um einen dichten Anschluss der sich überdeckenden Glastafeln an den Sparren zu erzielen und dadurch zu verhüten, dass das Wasser, anstatt in die Rinnen zu fliessen, an den Unterflächen der Tafeln entlang geführt werde, war es nöthig die Sparren mit stufenförmigen Absätzen zu versehen. Die Anbringung keilförmiger Zwischenlagen von vulkanisirtem Kautschuk erregte Bedenken wegen der Vergänglichkeit dieses Materials unter einer den Sonnenstrahlen ausgesetzten Glasdecke und es wurde vorgezogen, derartige Keile von Eisen anfertigen zu lassen. Dieselben sind 13 Millim. breit, an dem einen Ende 3, am andern 16 Millim. stark, in den erforderlichen Längen auf dem Walzwerk zu Hörde stückweise ausgewalzt worden und sind dieselben nach Fig. 515 auf den oberen Flantschen der Sparren aufgenietet worden. Auf der Oberfläche der eisernen Keile sind die Glastafeln in Kitt gelegt, ebenso wurden sie in ihrer 13 Centim. langen Ueberdeckung wie am oberen und unteren Rande mit Kitt gedichtet. Es geschah dies, um die Fugen ausser von Wasser, Eis und Schnee auch vom Strassenstaub und vom Russ der Locomotiven frei zu halten, der sich hier sehr bald in unregelmässig vertheilten, sehr hässlich aussehenden Ansammlungen gezeigt haben würde.

Fig. 515.



Die Rohglastafeln sind nicht so eben und gleichmässig stark zu haben, dass ein in gleicher Breite aufgetragener Kittstreifen nach dem Aufeinanderlegen der Tafeln auch parallele Ränder behielte und würde nur an den Kanten der Glastafeln der herausgedrückte Kitt mit dem Messer entfernt werden können, während eine solche Nachhülfe im Innern des Zwischenraumes nicht möglich war. Aus diesem Grunde sind sämmtliche Tafeln an den Stellen, an welchen Kitt aufliegen soll, mit 5 Centim. breiten Streifen von Mennige-

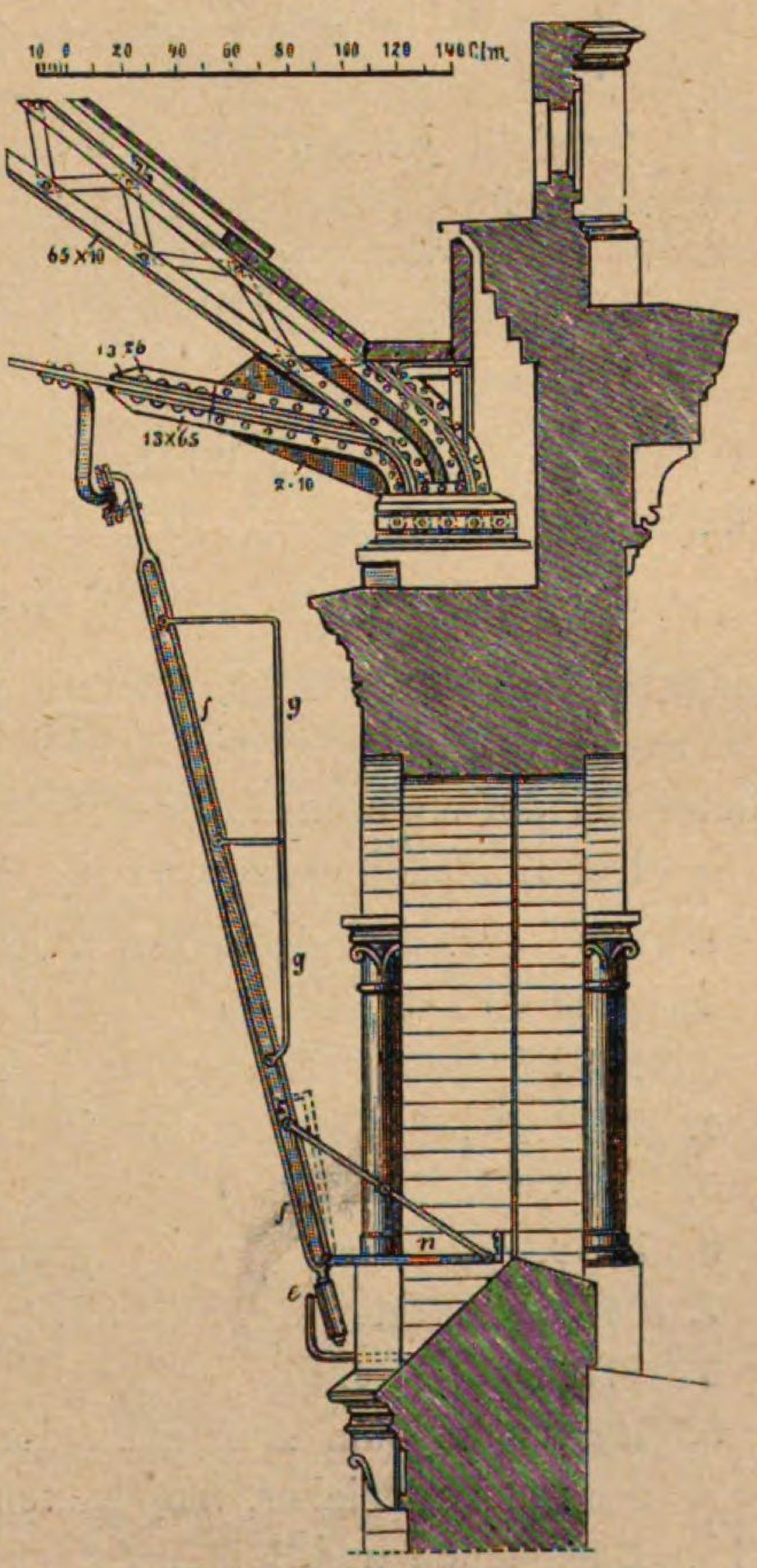
Oelfarbe versehen, wodurch noch der Vortheil erreicht wird, dass der Kitt besser auf dem Glase haftet. Im First des Glasdaches über dem Rauchabzug, Fig. 514, wird die Fuge von einer Kappe aus Zinkblech überdeckt, welche in der Fuge selbst befestigt ist.

Zur Verhinderung des Herabrutschens der Glastafeln sind die unteren Enden zweier Nachbartafeln von einem gemeinschaftlichen Schuh aus Zinkblech Nr. 13 gehalten. Derselbe ist, wie in dem Querschnitte Fig. 515 angedeutet, zweimal im rechten Winkel gebogen und hat der Blechstreifen eine solche Länge, dass er mittelst zweier Löcher über den ersten Bolzen *b* greift. Es ist nothwendig, dass dieser Zinkstreifen innerhalb der Rinne verbleibe, denn falls er zwischen dem Glase und dessen Auflager nach innen vortrete, würde sich längs des Bleches Wasser hinziehen und in die Halle tropfen können.

Am Fusse der Sichelträger ist durch einige Winkeleisen auf der oberen Gurtung, nach Fig. 516, ein Auflager für die Dachrinne gebildet, die, aus 5,2 Centim. starken Bohlen gefertigt, sich einerseits an die Dachschräge so anschmiegt, dass das gewellte Zinkblech 13 Centim. weit in dieselbe hineinragt, während die andere Wandung lothrecht hinter dem Mauerwerk des äusseren Hauptgesimses steht. Es ist aber Sorge getragen, dass das Wasser bei etwaiger Anstauung in dieser Rinne nicht das Mauerwerk erreicht, sondern auf den asphaltirten Perron tropft und hierdurch die eingetretene Unregelmässigkeit anzeigt. Die Abführung des Wassers aus der Rinne geschieht durch gusseiserne, 21 Centim. weite, 6 Millim. starke Abfallrohre, welche in Entfernungen von 18,83 Meter senkrecht unter einem Binder frei und sichtbar an der Mauer abwärts im Innern der Halle in unterirdische Thonrohre geleitet werden.

Zur Aufstellung der Binder wurde ein Gerüst benutzt, welches die ganze Hallenbreite einnahm und 2 Binderweiten zur Breite hatte. Dieses ruhte mit je 3 Axen auf 5 Geleisen, wovon 2 auf die Perrons gelegt waren, und war auf denselben fahrbar. Jeder Binder ist in 3 Theilen aufgezogen, so dass die 3 Mittelfelder mit 4 Verticalen den einen Theil bildeten und das Uebrige die beiden andern Theile. Die 3 Krahne waren zum Umdrehen eingerichtet und standen an dem einen Ende des Gerüstes, so dass die Bindertheile neben dem Gerüste aufgezogen und dann auf das Gerüst geschwenkt werden konnten, wobei die Winden sich mit drehten, indem diese auf einem Plateau an der Krahnsäule oberhalb der Gerüste aufgestellt waren. Oben sind die 3 Bindertheile fertig zusammengenietet, dann wurden die Binder paarweise ausgesteift und unter der oberen Gurtung durch 7 diagonale Kreuze, mit ähnlicher Ringverschraubung wie in Fig. 512 versehen, mit einander verbunden.

Fig. 516.

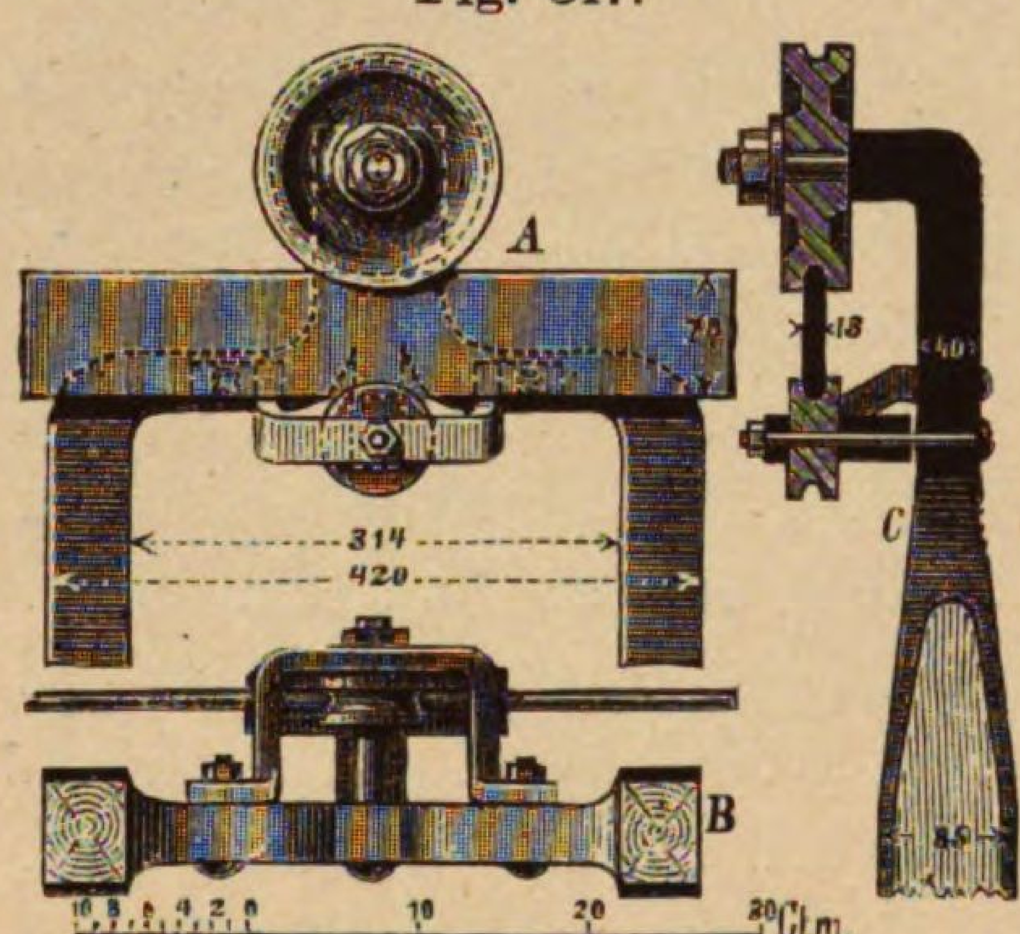


Für die Zinkdecker, Glaser und Anstreicher wurden 2 kleine fahrbare Gerüste errichtet, die je mit 3 Axen auf 2 Geleisen stehend zusammen die ganze Hallenbreite einnahmen; sie konnten gemeinschaftlich für die ganze Hallenbreite oder einzeln für jede Hälfte der Halle verschoben und benutzt werden.

Zur Reinigung oder Reparatur der oberen Hallenfenster ist an den beiden Langseiten im Innern der Halle eine Fahrleiter *f*, Fig. 516, angebracht, die sich auf einer 7,8 Centim. hohen, 1,3 Centim. starken, oben und unten abgerundeten Schiene sehr leicht verschieben lässt. Diese Schiene ist mittelst Bügel an der unteren Gurtung der Sichelträger aufgehängt. Auf derselben hängt die Leiter an einer Rolle von 15,7 Centim. Durchmesser, wobei das

Ausheben dieser Rolle durch eine untere Gegenrolle von 6,5 Centim. Durchmesser verhindert ist. Die hölzernen Leiterbäume, mit hölzernen Sprossen, sind durch schmiedeeiserne Schienen verstärkt, welche unten in runde Stangen auslaufen, auf denen sich Walzen von 26 Centim. Länge befinden, wodurch die Leiter hinter der durchlaufenden Rundeisenstange *e* leicht geführt wird. An den Seiten ist die Leiter mit Schutzgeländer *g* versehen, und befindet sich unten an derselben eine Klappe *n*, die durch Lösung einer Falle leicht heruntergelassen werden kann und dann einen bequemen Stand zum Reinigen der Fenster bietet. Die Handwerker benutzten diese Fahrleiter mit Vorliebe, da sie sich mit wenig Kraft und grosser Sicherheit bewegen lässt. Von ihr aus kann man auch leicht ein Gerüst von Brettern zwischen zwei untere Gurtungen der Binder herstellen. Die Details der Leiteraufhängung sind in Fig. 517 dargestellt; *A* ist die Ansicht, *B* ein Horizontalschnitt und *C* ein Verticalschnitt durch die Mitte der Rollen.

Fig. 517.



Entworfen und berechnet ist dieses Hallendach von dem Herrn Geh.-Baurath **J. W. Schwedler**, während die Details von dem Herrn Baumeister **Grüttefin** ausgearbeitet wurden. Die Ausführung und Aufstellung der Eisentheile hatte die Maschinenfabrik von **L. Schwartzkopff** übernommen.

Bei der statischen Berechnung dieser Dachconstruction wurden folgende Annahmen zu Grunde gelegt:

Für das Gewicht der Eisenconstruction pro □Meter . . .	60,9 Kilogr.
» Winddruck pro □Meter Grundfläche	30,5 »
» Schneelast	71,0 »
» Glas und Zink	20,3 »
Summa	182,7 Kilogr.

Das Gewicht jedes Binders betrug 5195 Kilogr., und zwar 5100 Kilogr. an Schmiedeeisen und 95 Kilogr. an Gusseisen.

Das Gesammtgewicht des Schmiedeeisens betrug . . .	454900 Kilogr.
» » » Gusseisens » . . .	20000 »
im Ganzen	474900 Kilogr.

Da nun die Halle 203,66 Meter Länge und 37,66 Meter Breite hat, so ist deren Grundfläche 203,66 . 37,66 = 7670 □Meter und das Gewicht pro □Meter Grundfläche stellt sich auf:

$$\frac{474900}{7670} = 61{,}92 \text{ Kilogr.}$$

Diese Eisen-Construction ist also um 65,36 — 61,92 = 3,44 Kilogr. leichter als diejenige, welche für die Halle des Nordwestbahnhofes zu Wien ausgeführt ist; abgesehen davon, dass bei der ersteren Halle **eiserne**, bei der letzteren aber **hölzerne** Fetten verwendet sind.

Die Kosten betrugen an:

1.	9098 Ctr. Schmiedeeisen à 19,5 Mark	= 177411,0 Mark
2.	400 » Gusseisen à 11,0 »	= 5600,0 »
3.	31332 □Meter Zinkwellblech à 5,753 Mark	= 18025,1 »
4.	2374,34 □Meter Rohglas, in Tafeln unter 1 □Meter, à 10,152 Mark	= 24105,0 »
5.	3153,9 □Meter » » » über 1 □Meter, à 12,183 » .	= 42078,0 »
6.	5828,3 □Meter » einzudecken à 1,0152 Mark	= 5917,0 »
7.	10638,0 □Meter Oelfarbenanstrich des Eisens à 0,4141 Mark . .	= 4725,0 »
8.	3185,6 □Meter » des Zinkblechs à 0,5076 Mark .	= 1617,0 »
9.	Rüstungen zum Aufstellen der Eisenconstruction, Rüstung für Glaser und Anstreicher, Wagenaxen zu den Gerüsten, Schraubenbolzen etc.	= 6938,6 »
10.	Dachrinnen aus Bohlen, Auskleidung derselben mit Zinkblech etc.	= 9741,5 »
	Summa	= 296158,2 Mark

Wie oben erwähnt, sind 7670 □Meter Grundfläche der Halle überdeckt, es kostete daher 1 □Meter:

$$\frac{296158,2}{7670} = 38,61 \text{ Mark.}$$

Die Eisenconstruction allein kostete pro □Meter Grundfläche der Halle:

$$\frac{183011}{7670} = 23,86 \text{ Mark;}$$

oder incl. der Gerüste, fertig aufgestellt rot. 25 Mark.

Die Halle hat an der Einfahrt keine Abschlusswand erhalten, sondern dieselbe ist offen und ist der Endbinder mit einer Zinkblechsima und mit Rosetten mässig verziert. Zwei Binderweiten haben an jedem Ende der Halle kein Oberlicht und keinen Aufbau im First.

Das Empfangsgebäude ist in Ziegelrohbau von dunkler gelbrother Farbe ausgeführt, wodurch dem Gebäude ein ernsterer Charakter verliehen wird, als durch hellfarbige Ziegel. Die Architekturformen sind dem romanischen Style verwandt und sind sämmtliche Oeffnungen durch Rundbogen geschlossen. Im Innern ist die Halle auf 1,57 Meter Höhe mit Granit bekleidet, um eine Beschädigung der Wände durch Koffer, Kisten etc. zu verhüten. Das ganze Empfangsgebäude war auf 1800000 Mark veranschlagt, von welcher Summe jedoch noch 60000 Mark erspart sind.

Auch für die Halle des von dem Herrn Architekten **Orth** erbauten Empfangsgebäudes auf dem **Görlitzer-Bahnhofe** zu Berlin ist die Sichelträgerform bei den Bindern angewendet. Das Eigengewicht der Eisenconstruction beträgt hier rot. 56 Kilogr. pro □Meter Grundfläche.

Das Empfangsgebäude auf dem neuen Bahnhofe in **Zürich**, im Auftrage der Direction der Schweizerischen Nordostbahn von Herrn Architekt **Wanner** entworfen und im Jahre 1870 vollendet, hat eine Halle von ca. 44 Meter Weite mit 6 Geleisen, 2 Seitenperrons und einem Mittelperron. Die Dachconstruction ist hier eigenthümlich durchgeführt; es sind nämlich die Binder als Parabelträger nach Fig. 518 construirt und je 2 hiervon in ca. 3,2

Fig. 518.

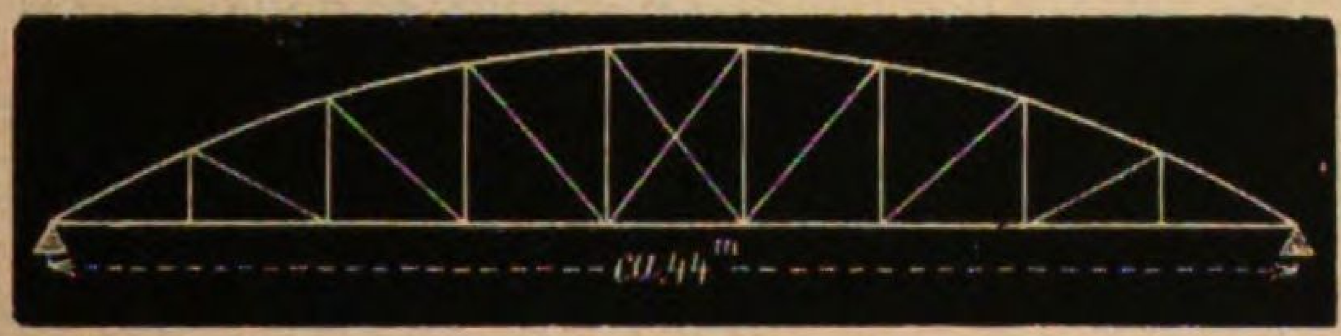
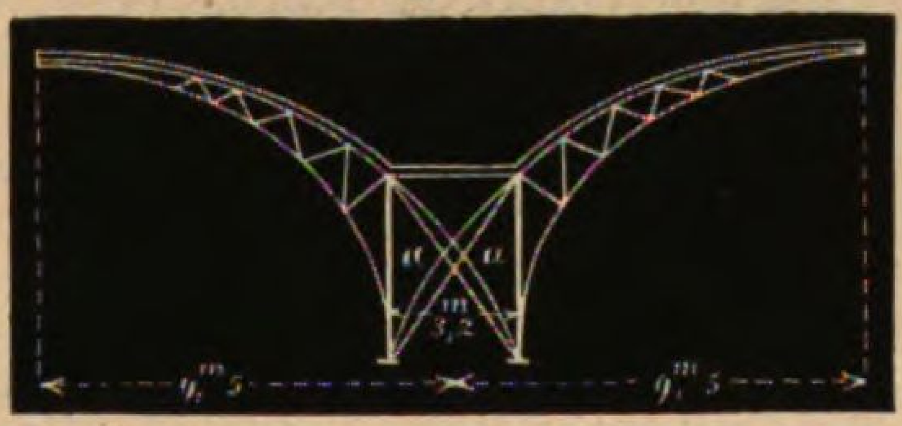
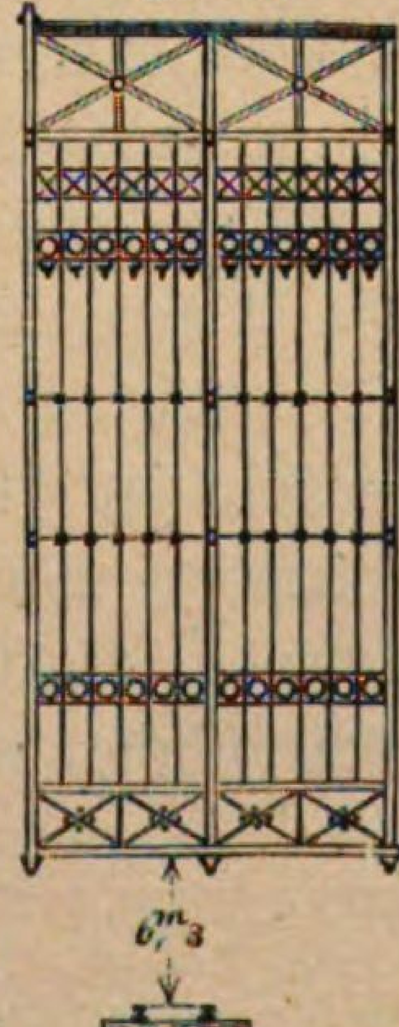


Fig. 519.



Meter Abstand aufgestellt und miteinander gekuppelt. Die so gekuppelten Binder *a* stehen in Entfernungen von ca. 19 Meter von Mitte zu Mitte, wobei zwischen den Verticalen bogenförmige Querträger angebracht wurden, wie dies in Fig. 519 angedeutet ist. Man beabsichtigte anfänglich zwischen die Träger Kreuzgewölbe zu spannen, wovon jedoch später Abstand genommen wurde. Das Dach ist so eingedeckt, dass die Dachrinnen oberhalb der gekuppelten Binder zu liegen kamen.

Fig. 520.



An der Einfahrt ist die Halle mit einer Wand aus Eisen und Glas bis zu ca. 6,3 Meter über Schienenoberkante abgeschlossen; dieselbe ist aber sehr schwer ausgefallen, indem sie gegen einen Winddruck von 244 Kilogr. pro □Meter steif construirt ist. Die Ausbildung der Glaswand zeigt Fig. 520, worin 2 Felder dargestellt sind. Der Querschnitt einer verticalen Hauptrippe beträgt 116 □Centim. und hat die untere horizontale Versteifung, welche als Brücke zwischen den beiden Thürmen des Gebäudes construirt ist, eine Breite von ca. 2,2 Meter. Trotz der schweren Construction soll diese Glaswand von innen und aussen eine gute Wirkung auf das Auge machen, während von dem Hallendache gesagt wird, dass es etwas unruhig wirke. Die Beleuchtung der Halle geschieht durch Seitenlicht und durch die oben erwähnte Glaswand, wo-

durch dieselbe sehr hell wird. Die äussere Architektur des Gebäudes hat in ihrem System Aehnlichkeit mit den römischen Thermenanlagen; es sind grosse Theilungen, den angegebenen Binderweiten entsprechend, in der Frontwand, oben mächtige Halbkreisfenster, unten 3 Bogenstellungen enthaltend, die mit schmalen Axen von nur einer Bogenstellung abwechseln. Nach demselben Axensystem ist auch die Kopf-Façade gestaltet, die 2 grosse und 3 kleine Axen zeigt, sie macht aber namentlich desshalb keine günstige Gesammtwirkung, weil in ihr der Mittelpunkt fehlt. Das Gebäude ist mit grosser Pracht und Sorgfalt ausgeführt.

Als Bogenträger, nach Art der englisch-gothischen Flachbogen construirte Binder wurden für die Halle des in den Jahren 1866 und 1867 erbauten Empfangsgebäudes der **Ostbahn** *) zu Berlin ausgeführt. Diese Halle hat eine lichte Weite von ebenfalls 37,66 Meter, bei einer Länge von 188,28 Meter; sie enthält 5 Geleise und 2 Perrons von je 7,54 Meter Breite. Die äussere Architektur ist nach den Entwürfen des verstorbenen Hofbaurath **Lohse** in hellfarbigem Ziegelrohbau ausgeführt, wobei die Formsteine grösstentheils nachträglich vorgeblendet wurden. Die specielle Leitung des Baues besorgte Herr Bauinspector **Geiseler**, während die architektonischen Details von dem Herrn Baumeister **Cuno** ausgearbeitet sind.

Aus dem Querschnitte der Halle, **Blatt 10**, Fig. 3, ist die Form der Binder zu ersehen, während Fig. 1 und 2 die Details desselben geben. Hiernach besteht jeder Binder aus 2 Hälften, die im Scheitel des Bogens, im First, durch ein Charnier miteinander verbunden sind. Die Binder sind kastenförmig aus Gitterwerk construirt, oder es sind vielmehr je 2 Bogenträger gekuppelt, wie dies aus dem theilweisen Längenschnitt der Halle Fig. 4 oder aus der hinteren Ansicht des Binders Fig. 2 hervorgeht. Diese gekuppelten Binder stehen in 7,534 Meter Entfernung von Mitte zu Mitte auf gusseisernen Consolen, die in der ca. 1 Meter starken Hallenmauer verankert sind, in gusseisernen Balancierschuhen, wodurch bezweckt werden soll, dass die Binder ihre Länge den Temperatureinflüssen entsprechend ändern können, zu welchem Zwecke auch das Charnier im Scheitel der Binder angeordnet ist. Die Unterkante der Binder beginnt in 6,908 Meter Höhe über den Perrons und steigt die hintere Seite derselben ca. 5 Meter hoch an der Hallenmauer vertical empor. Dieser verticale Bindertheil ist in der Mauer mittelst angeschraubter gusseiserner Arme, die in gusseisernen Kasten eingreifen, gegen Seitenschwankung gesichert. Der Charnierpunkt im Scheitel der Bogenträger liegt 18,828 Meter über Schienenoberkante.

Jeder einfache Bogenträger beginnt an den Charnieren mit 10 Millim. starken Blechplatten, an denen die aus 2 Winkeleisen bestehenden Gurtungen angenietet sind. Die Radialen bestehen in gleicher Weise aus 2 Winkeleisen und werden durch zwischengelegte Blechstücke mit den Gurtungen verbunden. An diesen Blechstücken sind auch die aus 2 Flacheisen construirten einfachen Diagonalen befestigt, die, je nach ihrer Inanspruchnahme, auf Zerknicken, in der Längenmitte 2 bis 4 Centim. auseinander gebogen und durch Futterstücke mittelst Nietung mit einander verbunden wurden. In den Fig. 1 und 2, **Blatt 10** ist die Form und Zahl der einzelnen Façoneisen und deren Abmessungen in Millim. eingeschrieben.

Der Grundriss eines Binderfeldes ist in Fig. 5, **Blatt 10** dargestellt, hiernach und nach Fig. 1 besteht die Eindeckung des mittleren Theils der Halle aus gewelltem Eisenblech auf armirten Holzfetten, während die übrige Dachfläche über den Perrons mit Rohglas gedeckt ist, um die Perrons und die in den anschliessenden Gebäudetheilen befindlichen Betriebsräume möglichst intensiv zu beleuchten. Die Glasfläche beträgt rot. 5143 □Meter, wogegen die bedeckte Grundfläche der Halle 37,66 × 188,28 = 7091 □Meter einnimmt, es ist daher annähernd 5 : 7 das Verhältniss der Lichtfläche zur Grösse des beleuchteten

*) Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1870. S. 3.

Raumes. Die Rohglastafeln sind auf Sprossen aus ⊥-Eisen gelegt, die von den armirten **Z**-förmigen Fetten, Fig. 6 bis 8, welche den Längenverband des Daches bilden, getragen werden. Diese Fetten sind nur in jedem zweiten Binderfelde mit den Bindern fest vernietet, in den übrigen Auflagerpunkten wurden sie so mit der Bindergurtung verbunden, dass eine Längenänderung durch Temperaturwechsel stattfinden kann. Gegen Winddruck wurde in **allen** Feldern ein Diagonalverband aus Flacheisen eingelegt, dessen Anordnung aus Fig. 5, **Blatt 10** zu ersehen ist.

Die Eindeckung der Rohglastafeln erfolgte nach Fig. 9, **Blatt 10.** Auf der unteren Flantsche der ⊥-förmigen Sprossen liegen nämlich 12 Millim. hohe Filzstreifen, worauf die Glastafeln ruhen; oberhalb der Tafeln sind mittelst Holzschrauben an jeder Seite des ⊥-Eisen-Steges hölzerne Latten angeschraubt, über welche eine Kappe aus Zinkblech genagelt ist. Eine absolute Dichtigkeit gegen Schlagregen wurde hierbei nicht beabsichtigt, es sollten vielmehr die kleinen Undichtigkeiten, sowie die Räume zwischen den treppenförmigen Ueberdeckungen der Rohglastafeln mit zur Ventilation der Halle dienen, was namentlich durch die 4 Oeffnungen nahe am First, je ca. 24 Centim. hoch, bewirkt wird. Bei dem Oberlicht der Vestibüle dieses Empfangsgebäudes ist eine vollkommen dichte Eindeckung der Rohglastafeln, nach Fig. 10, **Blatt 10**, dadurch hergestellt, dass zwischen der oberen Zinkblechkappe und den Glastafeln getheerter Werg eingetrieben wurde. Zur Aufnahme und Ableitung des bei Schlagregen etwa noch durchsickernden Wassers sind unter den Sprossen decorativ gehaltene gezogene Zinkblechrinnen angehängt, die sich sehr gut bewährt haben.

Zur Aufstellung des Hallendaches bediente man sich zweier unabhängig von einander verschiebbarer Gerüste, von denen das eine zum Aufbringen der Binder und Fetten, das andere, leichter construirte, zum Montiren der Glassprossen, des Diagonalverbandes und der Eindeckungsarbeiten benutzt wurde; beide waren in 3 Etagen erbaut und standen auf Rädern. Jede Binderhälfte wurde in 3 einzelnen Theilen aufgezogen, wovon jeder auf einer auf eingerammten Pfählen hergestellten Zulage zusammengenietet war. Das eine Binderstück bestand aus den 4 Feldern zuächst des Firstes, das zweite aus den nächsten 4 Feldern und das dritte Stück aus den noch übrigen 5 Feldern. Das letztere Stück wurde zuerst auf die eingemauerten Consollager gehoben und von der Rüstung aus provisorisch abgestreift; dann wurden die andern beiden Theile nach einander aufgezogen und auf Rüstböcken genau eingerichtet. Während des Vernietens der 3 Theile wurde die andere Binderhälfte in derselben Weise gehoben, in die Drehbolzen des Kopflagers eingelegt und ebenfalls durch Nietung verbunden. Nachdem nun die Fetten aufgelegt und befestigt waren, entfernte man die Rüstböcke und schob das erste Gerüst um eine Binderweite vor. Von dem zweiten Gerüste aus, welches an die Stelle des ersten vorgerückt war, konnten dann die Sprosseneisen, der Diagonalverband und die Wellblecheindeckung aufgebracht werden. Durch eine besondere Windevorrichtung, im First des Daches angebracht, erfolgte das Aufziehen der Rohglastafeln, die von beiden Seiten des Firstes aus gleichmässig eingedeckt wurden, um einseitige Belastung der Binder möglichst zu vermeiden.

Ohne die gusseisernen Consollager in den Hallenmauern und ohne die Wellblecheindeckung beträgt das Gewicht der Eisenconstructionen 424000 Kilogr.; die Grundfläche der Halle ist 37,66 . 188,28 = 7090,6 □Meter, somit ist das Gewicht pro □Meter = 59,8 Kilogr. Mit der Rohglas- und Wellblecheindeckung beträgt das Gesammtgewicht des Daches 660000 Kilogr., also pro □Meter Grundfläche 93,1 Kilogramm.

Die Kosten der Eisenconstruction in fertiger Arbeit beliefen sich auf ca. 205500 Mark, mithin pro 1 □Meter Grundfläche auf 28,98 Mark. Dagegen betrugen die Gesammtkosten des Hallendaches mit Einschluss der Kosten für Gerüste 366000 Mark, daher pro □Meter Grundfläche 51,62 Mark. Die Ausgaben für Gerüste haben ca. 18000 Mark betragen.

Das fertige Empfangsgebäude kostete in runder Summe 1662000 Mark.

Eine Abschlusswand hat die Halle an der Einfahrt nicht erhalten, sondern es ist nur

das Fachwerk des Bogenträgers mit Zinkblechrippen verkleidet, wodurch aber dem Bogenträger ein Character verliehen wird, als wäre er aus Holz construirt.

Für das **Royal-Naval-School-Gymnasium** *) in Greenwich hat Mr. **A. Clark** ein eisernes Hallendach über einen Raum von 56,7 Meter Länge und 23,16 Meter lichter Weite ausgeführt, dessen Binder, ähnlich wie bei der Halle der Ostbahn, nach der Form des englisch-gothischen Flachbogens gekrümmt sind, dessen Bogenlinie jedoch für das Auge angenehmer ist, als die der vorhergehenden Binder. Von den 1,42 Meter unter dem Fussboden der Halle liegenden Fundamenten, worauf die Binder auf gusseisernen Füssen und mittelst Anker befestigt sind, erheben sich dieselben, eine geschlossene Bogenlinie bildend, welche für jede Binderhälfte aus 2 Mittelpunkten construirt ist. Der untere Bogen hat 6,4 Meter Radius und liegt dessen Mittelpunkt 1,95 Meter über der Oberkante der Fundamente. Die Höhe der Halle beträgt von dieser Fundamentoberkante bis zur Unterkante der Binder im Scheitel des Bogens 10,21 Meter, wobei der obere Bogen für jede Binderhälfte nach einem Radius von 13,26 Meter gekrümmt ist. Soweit die Binder in der Mauer stehen und mit deren Innenkante bündig liegen, sind sie als Blechträger, soweit sie aber sichtbar werden, sind sie als Gitterträger mit gekreuzten Diagonalen construirt. Bei der gleichmässig durchlaufenden Höhe von 66 Centim. besteht jeder Binder aus 4 Winkeleisen von je 102 $\times$ 11 Millim. Schenkelabmessung durch Gitterstäbe von 76 $\times$ 16 Millim. Stärke verbunden; beide Gurtungen sind mit Lamellen von 240 $\times$ 11 Millim. Stärke gedeckt.

Der Längenverband des Daches wird durch 11 Stück als Gitterträger construirte Fetten hergestellt, die zwischen den 6,32 Meter von Mitte zu Mitte entfernten Bindern angenietet sind. Diese Fetten haben 61 Centim. Höhe, ihre Gurtungen bestehen aus je 2 Winkeleisen und sind durch gekreuzte Gitterstäbe von 63 $\times$ 10 Millim. Stärke miteinander verbunden; auf den Gitterträgern sind auch niedrige Holzfetten befestigt, worauf die Dachschaalung genagelt werden konnte. Im First des Daches ist eine erhöhte Laterne von 4,6 Meter Breite aufgebaut, die mit seitlich angebrachten Ventilationsklappen versehen und mit Rohglastafeln von 6 Millim. Stärke eingedeckt wurde. Die übrige Dachfläche ist an jeder Seite der Laterne in 4 Pultdächer eingetheilt, mit Brettern verschaalt und mit Zinkblech Nr. 15 nach dem Leistensystem eingedeckt; die Höhe der Traufkante des untersten Pultdaches vom Fussboden der Halle ab gemessen beträgt 4,57 Meter. Die äussere Architektur des Gebäudes ist im dorischen Styl durchgeführt und liegen die Dachrinnen hinter der Attika. Ihr Licht erhält die Halle durch hoch angebrachte Seitenfenster, sowie durch die Laterne in der Mitte des Daches.

Beim Hallendache des Empfangsgebäudes auf dem **Lehrter-Bahnhofe** **) zu Berlin, erbaut in den Jahren 1870 und 1871, sind die Binder als überhöhte halbkreisförmige Bogenträger construirt. Einen Querschnitt durch diese Halle giebt Fig. 11, **Blatt 10**; dieselbe hat eine lichte Länge von ca. 180 Meter, bei ca. 42 Meter lichter Weite. Die Halle enthält 5 Geleise, 2 Seitenperrons von je ca. 8 Meter und 1 Zwischenperron von ca. 4 Meter Breite. Der höchste Punkt des innern Bogens der Binder liegt 30 Meter über Schienenoberkante und hat dieser Bogen 20 Meter Radius. Die Binder sind hier in solchen Entfernungen aufgestellt, dass einfache Holzfetten zur Unterstützung der mit Zinkblech eingedeckten Dachschaalung ausreichten. Aus ästhetischen Rücksichten ist jedes Oberlicht im Dache vermieden, es sind daher die an den Längenmauern der Halle anstossenden Gebäudetheile in ihren Bedachungen so niedrig gehalten, dass eine vollständig ausreichende Beleuchtung der Halle durch hohes Seitenlicht erzielt werden konnte. Die in Fig. 11, **Blatt 10** angedeuteten Fensteröffnungen in den Längenmauern zwischen den Bindern angeordnet, sind etwas überhöhte Halbkreise, mit ähnlicher Ausbildung in Eisen, wie

*) Publicirt in der Zeitschrift »The Engineer« 1873. S. 329.

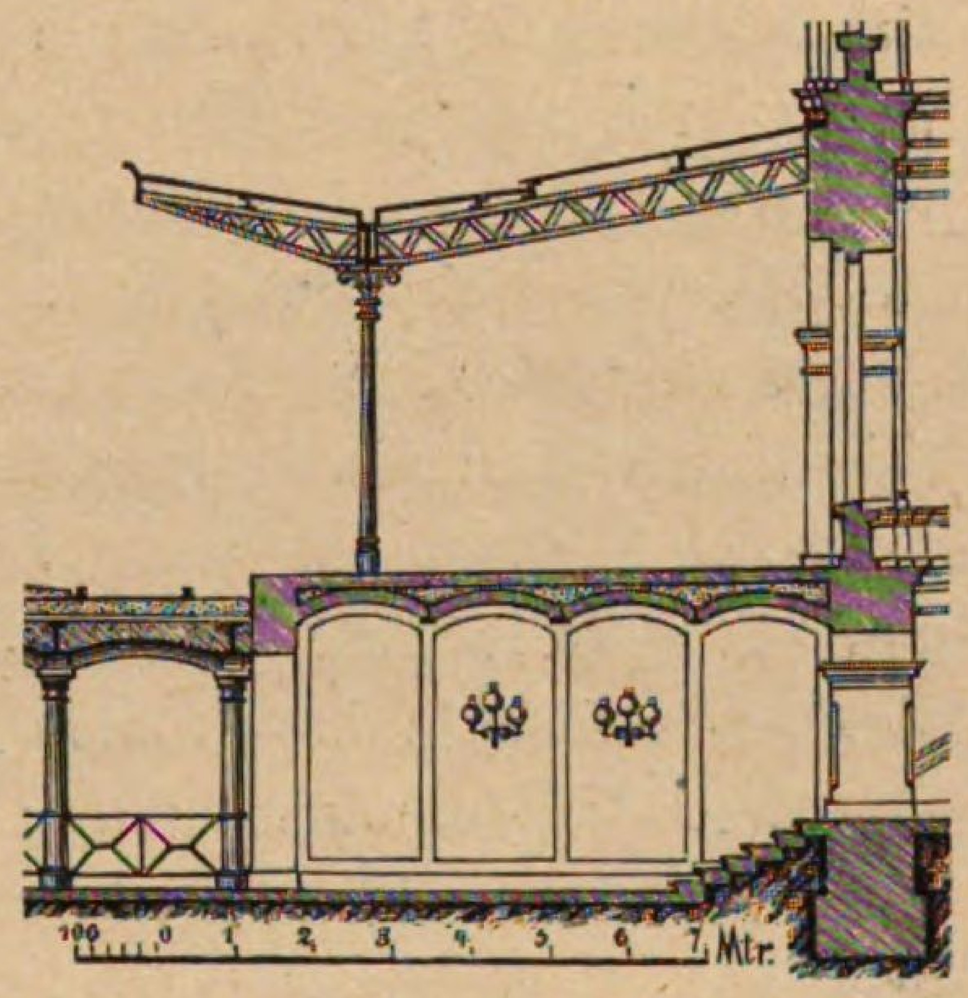
) »Deutsche Bauzeitung« 1871 S. 212 und 305. Soviel dem Verf. bekannt ist, wurde das Empfangsgebäude von dem Herrn Baumeister **A. Lent entworfen und ausgeführt.

bei dem Bogen der in Fig. 11 angedeuteten hinteren Abschlusswand, welche ganz aus Eisen und Glas besteht. An der Einfahrt ist die Halle ebenfalls mit einer Wand aus Eisen und Glas soweit abgeschlossen, wie es die Höhe der durchfahrenden Locomotiven gestattet. Diese beiden Abschlusswände tragen natürlich wesentlich zur Beleuchtung der Halle bei. Die Halle hat durch die hölzernen Fetten und durch die Dachschaalung eine regelmässig kassettirte Decke erhalten, die chamois gestrichen ist, und setzen sich die dunkel gestrichenen Binder gegen diese Decke sehr vortheilhaft ab; überhaupt wirkt die Hallendecke ruhig und angenehm auf das Auge des Beschauers.

Die äussere Architektur des Empfangsgebäudes sollte ursprünglich im Ziegelrohbau ausgeführt werden, mit Anwendung von Sandsteingesimsen und Terrakotten; da aber nur eine kurze Bauzeit zu Gebote stand, so musste man hiervon Abstand nehmen und die Façaden, mit Ausschluss der Gesimse und Säulen, in Cementputz herstellen. Die Säulen und Gesimse bestehen aus Terrakotten und Sandstein.

Kleine Perronhallen, die seitlich an die Stationsgebäude angebaut werden, und Droschkenhallen, welche auf grossen Endbahnhöfen vorkommen, wurden bereits auf S. 174 bei den Pultdächern besprochen. Eine von Fig. 5, **Blatt 6** etwas abweichende Construction eines Perronhallendaches, die für den Bahnhof zu **Görlitz***) ausgeführt ist, giebt Fig. 521. Hier laufen die als Binder dienenden Gitterträger, in ihrer ganzen Länge nicht in einer Richtung durch, sondern das äussere Ende steigt entgegengesetzt an, durch welche Einrichtung die Dachrinne über den Längenträger zu liegen kommt, der auf den Säulen ruht. Wegen dieser bequemeren Anbringung der Dachrinne dürfte diese Construction vorzuziehen sein, im Uebrigen ist die Detailconstruction dieses Daches dem vorher erwähnten ähnlich. Interessant ist bei diesem Bahnhofe ein 31,4 Meter langer Tunnel, der als Zugang zum Stationsgebäude dient. Derselbe hat eine Gesammtbreite von 11 Meter und ist in 3 Schiffe eingetheilt, wovon das 6,6 Meter breite Mittelschiff von den Passagieren benutzt wird, während die beiden Seitenschiffe zum Transport der Gepäckstücke bestimmt sind. Da der Tunnelfussboden nur 3,77 Meter unter Schienenoberkante liegt, so konnte eine Steinüberwölbung nicht stattfinden; es sind desshalb auf die 11 Säulen in jeder Reihe, eiserne Querbalken gelegt, die durch Zwischenträger in der Längenrichtung mit einander verbunden wurden. Auf der untern Gurtung dieser Träger sind 6 Millim. dicke Blechplatten aufgenietet, welche in der Längen- und Querrichtung gewölbeförmig gekrümmt sind. Die so entstandenen Räume zwischen den Trägern wurden bis zur oberen Gurtung mit Beton ausgefüllt und dann mit einer 12 Millim. starken Asphaltschicht überdeckt; hierüber ist eine Kiesschicht geschüttet, worin die Schwellen eingebettet sind. Von dem Tunnel aus führt eine grosse Treppe in das Vestibül des Stationsgebäudes. Die Treppenöffnung, sowie 3 vergitterte Lichthöfe, zwischen den Geleisen angebracht, geben dem Tunnel das nöthige Licht.

Fig. 521.



Das Satteldach, Fig. 2, **Blatt 6** ist sehr einfach hergestellt; die Binder haben Streben aus T-Eisen, die an der Stelle, wo sie in kleinen eisernen Schuhen auf den Längenträgern aufliegen, von einer horizontalen Zugstange zusammengehalten werden. Diese ist an einem passenden Ornament in der Mitte des Binders aufgehängt. Das Hallendach Fig. 4 ist in derselben Weise construirt wie das Pultdach Fig. 5, die Fetten bestehen aus ⊏-Eisen, die Eindeckung aus gewelltem Zinkblech Nr. 14; letztere kostet für sich pro □Meter geneigter Dachfläche ca. 5,6 Mark. Das Detail der Säulen zu diesen Hallen ist in Fig. 306 dargestellt.

*) Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1870. S. 471.

Den Binder einer Perronhalle des Bahnhofes zu **Eydtkuhnen***) zeigt Fig. 14, **Blatt 6**; hier ist ein Satteldach mit einem Pultdache verbunden und zwischen beiden eine der Dachrinnen placirt. Das Detail der Säulen giebt Fig. 303.

§. 81. Die ästhetische Ausbildung der Eisenconstructionen zur Ueberdeckung grosser Hallen**).

Wenn auch gesagt wurde, dass die grossen Empfangshallen, die auf den prächtigen neuerbauten Bahnhöfen grosser Städte ausgeführt sind, nichts weiter seien, als überdeckte Höfe oder Wagenschuppen in denen Locomotiven qualmen, und dass daher eine feinere ornamentale Behandlung von Wänden und Decken kaum gerathen erscheine, so hat doch die Erfahrung keine durch den Locomotivqualm veranlasste erhebliche Beschädigung an den Wand- und Deckenflächen in den Hallen nachgewiesen, wenn für gute Ventilation gesorgt war. Betrachtet man die Hallen aber als Höfe, so liegt dadurch gewiss kein Grund vor, dieselben architektonisch zu vernachlässigen, da ein solcher Hof doch eigentlich der Empfangsraum des Gebäudes ist, zuerst von dem ankommenden Fremden erblickt wird und auf seine Gemüthsstimmung einwirkt. Mit Recht kann man von diesen Höfen verlangen, dass sie schön bedeckt sind, dass sie einen ruhigen und behaglichen Eindruck machen. Freilich ist für die mehr oder minder reiche architektonische Ausstattung der Bahnhofshallen immer der Geldpunkt in Rechnung zu ziehen, da dieselben meistens mit möglichst geringen Kosten hergestellt werden sollen; die ausgeführten Hallen beweisen aber, dass nicht immer auch diejenigen die schönste architektonische Wirkung machen, welche am kostspieligsten in der Ausführung waren.

Das Schmiedeeisen ist in rein constructiver Beziehung wegen seiner grossen Festigkeit und Zähigkeit ein vorzügliches Material zu grossen Trägerconstructionen; in seiner Natur liegen aber eine Menge von Bedingungen, die dasselbe ausserordentlich schwierig für eine ästhetische Behandlung machen. Die Träger müssen z. B. aus vielen dünnen Vertical- und Diagonalstangen, welche beide Gurtungen verbinden, zusammengesetzt werden; ist nun ein solcher Träger an und für sich auch schön geformt, so können sie doch, wenn viele derselben in bestimmten Abständen neben einander gestellt werden, in der perspectivischen Wiederholung durch das verwirrende Stangengewebe eine ungünstige Wirkung machen, namentlich dann, wenn die Träger mit ihren Nebenconstructionen durch Oberlicht grell beleuchtet werden und sich dadurch in den Vordergrund drängen. Soll das Eisen im Dienste der Schönheit seine Pflicht erfüllen, so darf bei demselben nicht immer der Gedanke der Construction zur Erscheinung gebracht werden, man muss vielmehr die vielleicht richtigste Constructionslinie, wenn sie unschön ist, in Schönheitsmomente auflösen, denn die Natur des Schmiedeeisens lässt keine Flächenwirkung zu, es kann vielmehr nur durch schöne Linien eine künstlerisch befriedigende Wirkung hervorrufen. Aus diesem Grunde ist auch die Bogenform für die Träger der grossen Hallendächer die günstigste.

Noch grössere Bedeutung als die Träger, hat, für die ästhetische Wirkung der Hallendächer, die Decke selbst, mit ihren Zwischenconstructionen, die ihre Last auf die Binder übertragen. Herr **Lucae** erklärt »das Schweben« als allgemeines Symbol, welches bei einer Decke vor allem Andern zum schlagenden Ausdruck gebracht werden müsse. Bei kleinen Räumen könne man die Decke als einen von Wand zu Wand gespannten Teppich auffassen, der mit allerlei Ornamenten farbig oder sonstwie zu schmücken sei;

*) Publicirt in Erbkam's Zeitsch. f. Bauwesen 1865.

) Vergl. den sehr interessanten und lehrreichen Vortrag des Herrn Baurath **R. Lucae, Director der Bauakademie zu Berlin, gehalten im dortigen Architekten-Verein am 11. Dec. 1869, mitgeth. in Erbkam's Zeitsch. f. Bauw. 1870. S. 532, auch »Deutsche Bauzeitung« 1870 S. 9. Hieran schliesst sich ein Vortrag des Herrn Reg.- u. Baurath **Schwatlo** über denselben Gegenstand in Erbkam's Zeitsch. f. Bauw. 1871. S. 125.

sehr grosse Decken aber würde man zuerst in einzelne Theile zerlegen müssen und diese Theile wieder als Flächen charakterisiren und entsprechend decoriren. Will man die grossen Hallendecken in diesem Sinne durchbilden, so wird man meistens mit der Geldfrage in Conflict gerathen, besonders bei Anwendung von Oberlicht, denn man wäre gezwungen, an der unteren Gurtung der Binder eine zweite Decke anzubringen, die das Stangengewirre der tragenden Construction verdeckt. Diese würde an sich schon sehr kostspielig sein, würde es aber noch mehr dadurch werden, dass sie die tragende Construction erheblich belastet und eine bedeutende Verstärkung derselben bedingt; von einer zweiten Decke wird man daher der Kosten wegen meistens Abstand nehmen müssen. Die Ueberdeckung selbst lässt sich aber auch ästhetisch befriedigend ausbilden, wenn man, um eine einheitliche Wirkung der Decke möglich zu machen, die in der Dachfläche liegenden, sich durchkreuzenden Constructionsmittel dem Auge entzieht, was durch Bretter-Schaalung leicht ausgeführt werden kann.

Von grossem Einfluss auf die Wirkung der Hallendecken ist die Lichtgebung, und wenn örtliche Verhältnisse es nicht absolut nothwendig machen, die Halle durch Oberlicht zu beleuchten, so ist Seitenlicht unbedingt vorzuziehen; Oberlichte aber legt man am günstigsten in die Dachmitte. Betrachtet man von den im vorhergehenden Paragraph besprochenen Bahnhofshallen z. B. die Halle der Ostbahn, **Blatt 10**, wo der mittlere Theil des Daches mit Wellblech fest eingedeckt ist, während über den beiden Perrons Oberlicht angeordnet wurde, um diesen reichliches Licht zu verschaffen, so muss es befremden, auf einer durchsichtigen Glasfläche eine compacte Decke liegen zu sehen; die Wände des Raumes aber schiessen hoch auf und wachsen in die Glasflächen hinein, da sie keinen Abschluss durch ein gesimsartiges krönendes Profil haben. Wird hierdurch schon die Erscheinung der Halle eine ungünstige, so wirken die Hängestangen der armirten Fetten und die sich kreuzenden Diagonalen unter den Glasflächen geradezu sinnverwirrend auf den Beschauer, der sich aus dem Chaos von Constructionstheilen kein Ganzes bilden kann.

Die Binder, deren Bogen an sich eine schöne Wirkung machen, haben an dem Charnier im First und über den Consolen, worauf sie stehen, im ersten Felde volle Blechplatten erhalten, die sich in der Perspective zu sehr dicken Massen summiren und im unschönen Gegensatze zu dem lichten Gitterwerk der Binder stehen. Diese Blechplatten hätten sich leicht vermeiden, oder doch wenigstens ausschneiden lassen, wodurch eine bessere Wirkung erzielt worden wäre.

Bei der Halle der Südbahn zu Wien ist das Oberlicht in so fern dem vorhergehenden ähnlich, als hier in der Dachmitte ebenfalls ein dunkler Streifen mit Wellblech eingedeckt ist und sich hieran zu beiden Seiten Glasflächen anschliessen. Diese erstrecken sich aber nicht bis zu den Wänden der Halle, sondern nur bis zur Mitte der Dachfläche, die in ihrem übrigen Theil durch je 3 hölzerne Sparren und Fetten zwischen 2 Binder in regelmässige Cassetten eingetheilt, mit Brettern eingeschaalt und mit Zinkblech gedeckt ist, wodurch die in der Dachfläche liegenden diagonalen Windverstrebungen dem Auge entzogen werden konnten. Unter der Glasfläche sind alle Stangenkreuzungen vermieden, so dass die Sprossentheilungen auch regelmässige rechteckige Felder zeigen und daher eine befriedigende Wirkung machen.

Die Streben der hier angewendeten Polonceau'schen Binder sind als Gitterträger durch normal zu den Gurtungen gerichtete Stäbe in quadratische Felder getheilt und hat jedes Feld ein diagonales Kreuz erhalten; hierdurch ist die Ansicht der Gitterstreben recht gefällig geworden, und dürften diese Binder sich besser zu Ueberdeckungen grosser Hallen eignen, als die Sichelträger, da ihre runden Spannstangen des geringen Durchmessers und der kleinen Anzahl wegen in der perspectivischen Wiederholung nicht sehr hervortreten. Die Gesammtwirkung der Südbahnhalle ist in ästhetischer Beziehung befriedigend, sie macht einen freundlichen und angenehmen Eindruck, wenn sie auch gegen das grossartige prächtige Vestibüle dieses Bahnhofes architektonisch etwas vernachlässigt ist.

Die vermittelst Sichelträger überdeckten Hallen des Niederschlesisch-Märkischen und des Görlitzer Bahnhofes zu Berlin, des Nordwestbahnhofes zu Wien und des Bahnhofes zu Stuttgart haben sämmtlich Oberlicht. Die Niederschlesische Halle, Fig. 510, hat ein grosses Licht in der Mitte des Daches, ebenso die Nordwestbahnhalle, **Blatt 11**, welche Anordnung unbedingt die schönste ist, wenn überhaupt Oberlicht angewendet werden muss. Die Binder der Niederschlesischen Halle sind an sich schön geformt, da sie aber sehr kleine Abstände und unter der Glasfläche gerade die grösste Höhe haben, so bieten die gekreuzten Linien der Binder mit ihren breiteren Knotenpunkten und den zum Oberlicht gehörenden Nebenconstructionen, in der grellen Beleuchtung, eine sehr verworrene Erscheinung. Wäre an Stelle des Oberlichtes eine undurchsichtige Decke ausgeführt worden, gegen deren hellere Färbung sich die dunkler angestrichenen Binder klar abgesetzt hätten, so würde die Ueberdeckung einen ruhigen Eindruck gemacht haben und die schön durchgebildete Wandarchitektur wäre viel vortheilhafter hervorgetreten. Das reichliche Seitenlicht der Halle würde für deren Beleuchtung wahrscheinlich völlig genügt haben.

Bei der Nordwestbahnhalle stehen die Binder in grösseren Abständen und es sind durch je 2 Zwischensparren, Fig. 15, **Blatt 11** drei minder energische Unterabtheilungen in jedem Binderfelde gebildet, was für die perspectivische Wiederholung gewiss sehr vortheilhaft wirkt. Das Oberlicht, durch die Fetten und Sprossen in regelmässige Rechtecke eingetheilt, macht in Verbindung mit den unteren Cassetten, die aus den hölzernen Fetten und der Schaalung gebildet sind, einen ziemlich ruhigen Eindruck. Die Form der Binder ist hier nicht gerade schön gewählt, eine ungleiche Anzahl der Feldertheilung hätte wohl besser ausgesehen; auch erhalten die Binder durch die kastenförmige untere Gurtung und durch die gitterförmig gebildeten Verticalen den Charakter schwer belasteter Träger, die für eine leichte Decke nicht passend sind. Ebenso hätten die als Gitterträger ausgeführten oberen Fetten wohl mit etwas mehr Rücksicht auf ihre architektonische Wirkung construirt werden können.

Die Hallendecke des Bahnhofes zu Stuttgart, Fig. 508, bei der das Oberlicht auch in der Mitte des Daches angebracht ist, macht namentlich wegen der unklaren Binderform einen unruhigen Eindruck.

Die Ueberdeckung der Görlitzer Halle hat in der Mitte eine grössere Glasfläche, worauf zu beiden Seiten eine undurchsichtige Decke folgt, in die nach den Wänden zu noch je ein verhältnissmässig schmaler Lichtstreifen eingelegt ist. Diese Theilung der Decke in lichte und dunkle Streifen macht einen sehr ungünstigen und unbehaglichen Eindruck.

Bei der Halle des Lehrter-Bahnhofes, Fig. 11, **Blatt 10**, erfolgt die Beleuchtung nur durch Seitenlicht, theils durch die halbkreisförmigen Fenster in den Längenmauern, theils durch die beiden Abschlusswände. Die für diese Halle gewählte Binderform dürfte die schönste sein, welche bis jetzt zur Ueberdeckung grosser Bahnhofshallen ausgeführt wurde. Alle Mängel, die bei den vorhergenannten Hallen angeführt sind, hat man hier sorgfältig vermieden und macht diese Halle in der That einen ruhigen und angenehmen Eindruck. Zur Aussteifung der Binder sind Holzfetten angewendet, auf welche die Dachschaalung aufgenagelt ist. Schaalung und Fetten sind mit einem hellen Holzton gestrichen, gegen den sich die dunkel gestrichenen Binder vortheilhaft absetzen. In der Hauptfaçade des Empfangsgebäudes ist die Halle durch einen triumphbogenartigen Einbau als Hauptraum trefflich zum Ausdrucke gebracht. Die grosse Bogenöffnung desselben wurde mit einem Hauptgerippe aus Gusseisen ausgebaut, welches schön ornamentirt von dem Eisenwerke **Ilsenburg** ausgeführt ist. Die Glassprossen bestehen aus Walzeisen.

Bei der Züricher-Halle hat die unruhige Wirkung der Eisenconstruction in dem System der Träger ihren Grund, indem hier in grossen Abständen schwere gekuppelte Parabelträger quer über die Hallenmauern gelegt sind, zwischen denen sich in der Längenrichtung der Halle die Bogenträger spannen, was in der Perspective ein etwas verworrenes Bild geben muss.

Für die sehr grossen Hallen der neueren englischen Bahnhöfe dürfte seitliches Licht zur genügenden Beleuchtung wohl nicht ausreichend sein, dieselben erhalten ihr Licht daher auch meistens von oben, und zwar ist das Oberlicht in der Mitte des Daches angeordnet. Gute Lichtwirkung zeigen die Hallen der Great-Northern- und der St. Pancras-Station*). Die letztere Halle hat 73,2 Meter Spannweite und da das Empfangsgebäude im gothischen Styl erbaut ist, so haben auch die Bogenträger der Halle die Form eines Spitzbogens erhalten, dessen Scheitel 30,5 Meter über Schienenoberkante liegt. Die Gurtungen der Binder laufen parallel neben einander her und sind zwischen je 2 Fetten durch 3 paar gekreuzte Gitterstäbe mit einander verbunden. Auch die Fetten sind als Gitterträger construirt, mit stark eingezogener unterer Gurtung; dieselben wurden so vertheilt, dass eine im First und sieben in jeder Dachfläche zwischen den Bindern befestigt sind. Die Wiederlager für die Binder treten schon am Perron aus der Mauer hervor und sind so weit voll ausgeführt, bis sie die Höhe erreicht haben, dass die Binder von der Mauer ab voll aufsetzen können. Vertheilt sind die Binder in solchen Abständen, dass an jedem zweiten Thürpfeiler einer derselben emporsteigt und es liegen zwischen je 2 Bindern 3 Sparren, worauf die Schaalung des unteren Theils der Decke befestigt ist. Das Oberlicht nimmt zu jeder Seite des Firstes die Fläche zwischen 4 Fetten ein. Der Eindruck den diese grossartige Halle auf den Beschauer macht, soll ästhetisch sehr befriedigend sein.

V. Eiserne Kuppeldächer.

§. 82. Ausgeführte eiserne Kuppeldächer.

Schon im Jahre 1828 construirte **Moller** eine schmiedeeiserne Kuppel für den Dom zu Mainz**) seitdem sind fast alle grösseren Kuppelbauten aus Eisen hergestellt; für das Observatorium***) zu Berlin z. B. aus Schmiedeeisen, für die nach **Schinkel's** Entwürfen erbaute Nicolaikirche zu Potsdam aus Gusseisen. Die letztere als äussere Schutzkuppel, ist im Jahre 1850 vollendet; dieselbe hat einen unteren Durchmesser von 22,84 Meter und besteht aus 56 Stück durchbrochenen I-förmigen gusseisernen Rippen, in der Aussenkante mit einem Radius von 14,2 Meter gekrümmt, von denen 28 Stück je 18,21 Meter Länge haben, während die Uebrigen je um 5,41 Meter kürzer sind. Unten haben die Rippen eine Höhe von ca. 54, oben von 37 Centim., und laufen die längeren derselben oben gegen einen gusseisernen Schlusskranz von 2,14 Meter innerm Durchmesser, mit dem sie durch Schraubenbolzen verbunden wurden. Am Fusse der Kuppel werden die Rippen durch einen unterhalb derselben angebrachten flachgelegten schmiedeeisernen Ring von 157 $\times$ 20 Millim. Stärke zusammengehalten, während die Rippen ausserdem noch durch 7 Stück gusseiserne Kränze, in einzelnen Theilen zwischen die Rippen geschraubt, mit einander verbunden sind. Die 28 kürzeren Rippen, je aus 3 Theilen zusammengesetzt, reichen nur bis zum 6. Verbindungskranz, von wo aus kurze unter 45° geneigte Streben gegen die Hauptrippen laufen; diese letzteren sind aus je 4 Theilen zusammengeschraubt.

Um eine Ausdehnung des Eisengerippes der Kuppel zu ermöglichen, ist jede Rippe auf 2 Rollen gestellt, die sich auf der unteren gusseisernen Sohlplatte bewegen können. Damit aber der Stand der Kuppel durch Stürme nicht gefährdet wird, ist zwischen den Rollen je ein langer Maueranker hindurch geführt, so dass die Rippen auf den Rollen festgehalten werden, indem die länglich gearbeiteten Bolzenlöcher in der unteren Rippenplatte nur eine geringe Bewegung gestatten.

*) Publicirt ist das Empfangsgebäude der St. Pancras-Station im »Engineer« Mai 1867, und im »Engineering« 1867. S. 148, wo eine grosse perspectivische Ansicht von dem Innern der Halle gegeben ist.

**) Beschrieben in Breymann's »Eisen-Constructionslehre« S. 55.

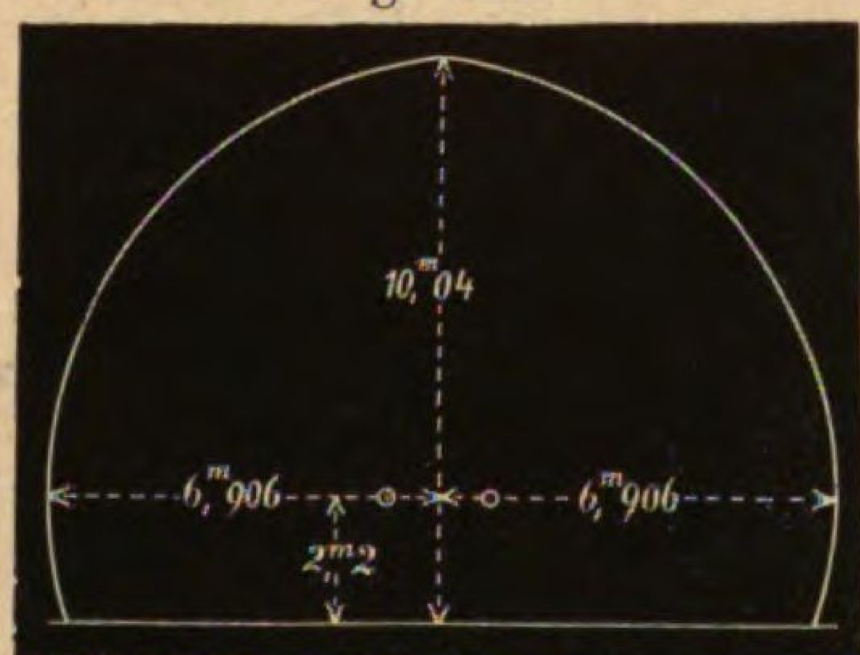
***) Ausführlich dargestellt in den »Bauausführungen des preussischen Staats«. Berlin 1842 bis 1849. Tafel 61 und 62.

Zur Befestigung der Schaalung wurden auf den Kuppelrippen, nach der Höhenrichtung gebogene, 13 Centim. breite, 5 Centim. starke Bohlenstreifen aufgeschraubt. Die Schaalung besteht in dem unteren Theil der Kuppel aus 15 Centim. breiten, im oberen Theil aus 10 Centim. breiten, 2,3 Centim. starken, auf beiden Seiten behobelten Brettern, und ist mit 3,3 Centim. weiten horizontalen Fugen mittelst Holzschrauben auf den Bohlstreifen befestigt. Die Kuppel wurde mit Kupferblech, pro □Meter 6,34 Kilogr. schwer, eingedeckt und zeigt die äussere Kuppelform 28 Stück aufsteigende Gurtstreifen, die auch aus getriebenem Kupferblech bestehen und auf entsprechende Holzfutter ihre Befestigung finden. Jeder Gurtstreifen ist mit 130 Stück Perlen aus Kupferblech verziert, die 19 verschiedene Grössen haben.

Sämmtliche Eisentheile der Kuppel *) und der darauf stehenden Spitze wiegen 1250 Ctr. und kosten 100380 Mark.

Ein schönes Gegenstück zu dieser schweren Kuppelconstruction aus Gusseisen, ist die von **J. W. Schwedler** **) für die **neue Synagoge** zu Berlin entworfene Kuppel, die sich durch zweckmässige Verbindung der Eisentheile und durch grosse Leichtigkeit auszeichnet. Die Form der Kuppel entspricht dem maurischen Styl des Gebäudes; ihr Verticalschnitt in der Axe ist in Fig. 522 angedeutet. Der grösste Durchmesser beträgt 13,812 Meter, die grösste Höhe 10,04 Meter und ist die gekrümmte Linie mit einem Radius von 7,845 Meter construirt, wobei die Mittelpunkte = 2,2 Meter von der Kuppelunterkante nach oben liegen.

Fig. 522.



Auf **Blatt 12**, Fig. 15 ist die Kuppel halb in der Ansicht und halb im Verticalschnitte dargestellt; hiernach besteht das Gerippe derselben aus 36 Stück Winkeleisensparren von 65 × 6 Millim. Schenkelstärke. Diese sind im Scheitel an einer Blechplatte befestigt, während sie unten auf passenden Füssen stehen, die nach Fig. 16 bis 18 aus Blech, Winkeleisen und Flacheisen hergestellt wurden. Unter den Füssen liegen abgehobelte und mit seitlichen Leisten versehene gusseiserne Platten, die in Cement festgegossen sein können, so dass eine durch Temperaturänderung hervorgerufene Bewegung der Sparren stattfinden kann. In Wirklichkeit sind die Unterlagsplatten mit Anker auf dem Mauerwerk festgeschraubt, doch dürfte diese Vorsicht nicht nothwendig sein, da ein Abheben der Kuppel durch Winddruck ihres Gewichtes wegen wohl nicht möglich ist, eine seitliche Verschiebung aber durch die festgegossenen Unterlagsplatten verhindert wird. Die Sparren sind noch durch 11 Stück umgelegte Gürtel aus Winkeleisen zusammengehalten, damit dieselben nicht ausbauchen können; die Schenkelstärke dieser Winkeleisen beträgt ebenfalls 65 × 6 Millim. und sind die Gürtel in Fig. 15 bis 20 angedeutet. Als Diagonalverband dienen 40 × 6 Millim. starke Flacheisen, welche an 6 Millim. starke Angriffsplatten nach Fig. 20 mit je 2 Stück 13 Millim. starken Nieten befestigt sind; wo es nöthig wird, dienen diese Bleche zugleich als Stossplatten für die Winkeleisen der Gürtel, wie dies Fig. 19 darstellt.

Anfänglich beabsichtigte man die Zinkbekleidung unmittelbar an den Sparren zu befestigen, aus welchem Grunde die Gurtringe innerhalb der Sparren angebracht sind. Bei der Ausführung zeigte sich aber eine Schaalung zum bessern Widerstande der Eindeckung gegen Windstoss als nothwendig und wurde dieselbe nachträglich angebracht; von vorn herein wäre die in Fig. 16 dargestellte Anbringung der Schaalung zweckmässiger gewesen. Die Schaalbretter sind 8 bis 9 Centim. breit und 2,5 Centim. stark, sie wurden

*) Veröffentlicht ist diese Kuppel in Erbkam's Zeitsch. f. Bauw. 1852; auch in dem »Lehrbuch der Eisenconstructionen« von E. Brandt. S. 358.

) Von Herrn Geh. Baurath **J. W. Schwedler mitgetheilt in Erbkam's Zeitsch. f. Bauw. 1866. S. 32.

von unten nach oben laufend, mit ca. 1 Centim. breiten Fugen, auf den Holzringen aufgenagelt. Die Eindeckung besteht aus Zinkblech; auch die erhabenen Ornamente wurden aus Zinkblech getrieben, vergoldet und mittelst Löthung auf der Eindeckung befestigt.

Die Kosten des Eisenwerkes der Kuppel betrugen mit Einschluss der Schaalung an:

1. Schmiedeeisen,	146,88 Ctr.	à 30 Mark	= 4406,4	Mark
2. Gusseisen,	12,81 »	à 12 »	= 153,7	»
3. Rüstung beim Aufstellen der Kuppel			= 1410,0	»
4. Hülfeleistung beim Aufstellen			= 154,3	»
5. Schaalung und Riegel			= 2059,0	»
		Summa	= 8183,4	Mark.

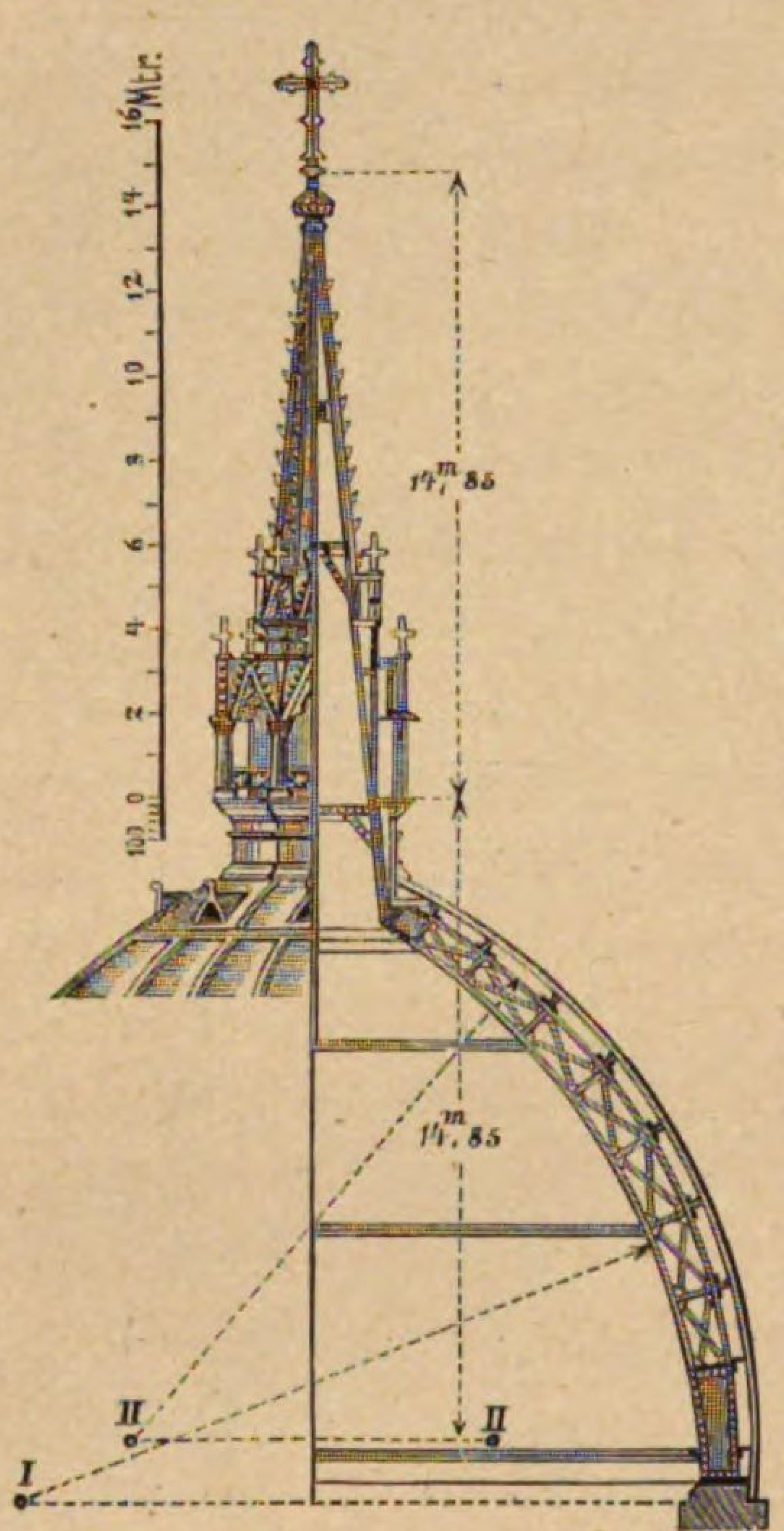
Da der grösste Halbmesser der Kuppel $r = 6{,}906$ Meter ist, so beträgt ihre Grundfläche hier $r^2\pi = 6{,}906^2 \,.\, 3{,}142 = rot.$ 150 □Meter; 1 □Meter kostet also $\frac{8183{,}4}{150} = 54{,}56$ Mark. Dagegen hat die $h = ca.$ 9,4 Meter hohe Kuppel eine Oberfläche von $2 \,.\, r \,.\, \pi \,.\, h = 2 \,.\, 6{,}906 \,.\, 3{,}142 \,.\, 9{,}4 = rot.$ 408 □Meter; das gesammte Eisengewicht beträgt daher pro □Meter Kuppeloberfläche $\frac{7984{,}5}{408} = 19{,}1$ Kilogr. und dessen Kosten $\frac{4560{,}1}{408} = 11{,}2$ Mark, während die Gesammtkosten incl. Rüstung und Schaalung, aber excl. Zinkbekleidung, pro □Meter Kuppeloberfläche $\frac{8183{,}4}{408} = 20{,}06$ Mark betragen.

Bei der überschläglichen statischen Berechnung der Kuppelconstruction ist der Schneedruck gleich Null angenommen, indem eine Schneeablagerung auf der Kuppel nicht zu erwarten ist. Der Winddruck gegen die Kuppelfläche ist höchstens halb so gross wie der Druck, den der Wind gegen eine ebene Fläche von der Grösse des Kuppelprofils ausübt. Die Fläche dieses Profils hat etwa 100 □Meter und der Winddruck auf diese Fläche beträgt etwa 12500 Kilogr. (vergl. §. 69), daher kann man für den Winddruck auf die Kuppel ca. 6250 Kilogr. annehmen. Als Eigengewicht der Kuppel sind ca. 80 Kilogr. pro □Meter Oberfläche in Rechnung gestellt, dies ergiebt ein Gesammtgewicht von $408 \,.\, 80 = rot.$ 32000 Kilogr., wovon jeder der 32 Sparren 1000 Kilogr. Belastung erhält. Die ca. 1,25 Meter freiliegenden Sparrentheile müssen dem Winddruck widerstehen, der etwa auf den lfd. Meter Sparren 160 Kilogr., oder auf jeden Sparrentheil $160 \,.\, 1{,}25 = 200$ Kilogr. beträgt. Berücksichtigt man die Continuität der Sparren nicht, so ist das Angriffsmoment auf einen Sparrentheil (nach Formel (35) S. 40) auf Centim. bezogen $\frac{P \,.\, l}{8} = \frac{200 \,.\, 125}{8} = 3125$ und dieses muss gleich $W \,.\, k$ sein. Setzt man $k = 730$ Kilogr. pro □Centim., so wird $W \,.\, k = 3125$, oder $W = \frac{3125}{730} = 4{,}2$. Das Widerstandsmoment eines Stabes von 6,5 Centim. Höhe und 0,6 Centim. Breite ist (nach Nr. 1 Tabelle III) $\frac{B \,.\, H^2}{6} = \frac{0{,}6 \,.\, 6{,}5^2}{6} = 4{,}2$; daher genügt ein Schenkel des Winkeleisens zur Aussteifung gegen Winddruck, während der andere das Gewicht der Kuppel überträgt

Gegen den übrigen Druck des Windes von ca. 6250 Kilogr., der auf die Kuppel einwirkt, haben etwa 8 Stück Diagonalen, ihrer Lage nach, die Sparren im Gleichgewicht zu erhalten. Jede der $4 \times 0{,}6$ Centim. starken Diagonalen hat nach Abzug des Nietloches $4 - 1{,}3 = 2{,}7$ Centim. Breite, daher $2{,}7 \,.\, 0{,}6 = 1{,}62$ □Centim., also 8 derselben ca. 13 □Centim. Querschnitt, die daher mit ca. 10000 Kilogr. nach ihrer Richtung angespannt werden dürfen. Da die Diagonalen unter 45^0 gegen den Horizont geneigt sind, so ist deren horizontale Componente $10000 \,.\, 0{,}7 = 7000$ Kilogr. als völlig ausreichend gegen den Winddruck anzusehen. Eine wesentliche Aussteifung erhält die Kuppel aber noch durch die ringförmigen hölzernen Fetten und durch die Schaalung, wodurch ihre Stabilität ausserordentlich vermehrt wird.

Eine andere Kuppelconstruction*) wurde im Jahre 1871 für die vom Herrn Oberbaurath Prof. **Fr. Schmidt** erbaute Kirche in Fünfhaus zu Wien ausgeführt. Dieselbe hat 18 Meter lichte Weite und besteht aus 24 Stück gitterförmigen Sparren, die sich oben gegen einen polygonalen Ring von ca. 3,25 Meter Weite legen und am Fusse durch einen andern schmiedeeisernen Ring zusammengehalten werden. Auf dem Schlussring der Kuppel, Fig. 523, ist ein schmiedeeiserner Thurm aufgebaut, der von dem Ring bis zum Kreuz eine Höhe von 17,38 Meter hat. Innerhalb der eisernen Kuppel ist eine andere gemauerte aufgeführt. Die Eisenconstruction ist von **Ig. Gridl** in Wien geliefert.

Fig. 523.



Für das Herzogl. Schloss zu Braunschweig wurde im Jahre 1866 eine eiserne Kuppel in Form eines überhöhten Halbkreises von ca. 20 Meter Spannweite mit eisernen Sparren aus ca. 23 Centim. hohen gewalzten **I**-Eisen ausgeführt. Da die Walzwerke solche Sparren auf Wunsch nach einem beliebigen Radius fertig gebogen liefern, so sind derartig construirte Kuppeln leicht auszuführen. Der Schlussring, mit dem die **I**-Sparren durch Winkellaschen verbunden sind, war bei der oben erwähnten Kuppel aus ⊏-Eisen im kalten Zustande auf einer Presse kreisrund gebogen und dann mittelst Laschen vernietet.

Die flachen Kuppeldächer, welche in neuerer Zeit so vielfach für die Gasbehältergebäude und Locomotivschuppen ausgeführt sind, wurden auch von **J. W. Schwedler** ausgebildet. Im Jahre 1861 construirte derselbe ein Kuppeldach für das Gasbehältergebäude**) der Impérial-Continental-Gas-Association zu Berlin, über einen cylindrischen Raum von 33,34 Meter lichter Weite. Die 16 Stück parabolischen Hauptbinder (Fig. 168, S. 96) wurden derartig construirt, dass die beiden Mittelfelder weggelassen und dafür, in der oberen und unteren Gurtung Ringe in Form eines regelmässigen 16-Eck eingelegt sind. Diese Ringe haben einen Durchmesser von 6,78 Meter und sind durch verticales Gitterwerk mit einander verbunden; auf dieser Ringwand ist eine aus Holz construirte Laterne angebracht und sind sämmtliche 32 Binderhälften mit der Ringwand vernietet. Auf den Bindern wurden 15 polygonförmig angeordnete Fetten angebracht, die mit 2,5 Centim. starken Brettern eingeschaalt und mit getheerter Dachpappe gedeckt sind.

Das Gewicht der Eisenconstruction betrug an Gusseisen $17\frac{1}{4}$ Ctr. und mit diesem im Ganzen 530 Ctr. à 33 Mark. Die Kosten für das fertig aufgestellte eiserne Dachgerüst, jedoch excl. Hochheben desselben, betrugen daher 33 . 530 = 17490 Mark. Da der bedeckte runde Raum nun 33,34 Meter lichte Weite hat, so ist die bedeckte Grundfläche nach der Formel $\frac{d^2\pi}{4} = \frac{33{,}34^2 \cdot 3{,}142}{4} = 873$ □Meter; es kostet also 1 □Meter $\frac{17490}{873} =$ *rot.* 20 Mark.

Diese vorstehend beschriebene Dachconstruction leitete Herrn **Schwedler** nach ihrer Ausführung auf den Gedanken, solche Kuppelconstructionen von allen inneren Spannstangen zu befreien und durch Anordnung von Ringen und Kreuzen sämmtliche Constructionstheile in die sphäroidische Dachfläche zu legen. Durch überschlägliche Rechnung fand Schwedler, dass für beide Constructionsarten **theoretisch** gleich grosse Materialmassen erforderlich werden, indem anstatt der unteren Gurtungen der Parabelbalken in der neuen

*) Entlehnt aus dem »Technischen Führer durch Wien« von Herrn Prof. Dr. **E. Winkler**. S. 318.
) Erbkam's Zeitsch. f. Bauw. 1863. Auch **E. Brandt's »Lehrbuch« S. 482.

Constructionsart ein Ring am Fusse der Sparren nöthig ist, der den Schub sämmtlicher oberen Gurtungen der Sparren aufnehmen muss. Soll nun von der tangentialen Kraft T eines Ringes vom Radius r der radiale Druck N hervorgebracht werden, so muss diese Kraft $T = N \cdot r$ sein und der Materialaufwand für den Ring $T \cdot 2r \cdot \pi$ ist demjenigen für die radialen Zugstangen $N \cdot 2r \cdot \pi \cdot r$ gleich. Da aber die sämmtlichen Zugstangen der Parabelbalken zusammen eine grosse Länge bei geringem Querschnitt haben, so wird, durch Vereinfachung der Construction, an Material bei den Stossplatten und den Zusätzen für Nietlöcher erheblich gespart. Die obern Gurtungen der Parabelbalken erleiden keine Aenderung, sondern erhalten dieselbe Stärke wie bei der vorhergehenden Construction, nur müssen die Sparren nach der **cubischen** Parabel gekrümmt sein, weil dann der geringste Materialaufwand für die Kuppel erforderlich wird.

Ein in dieser Weise ausgeführtes Kuppeldach über den mittleren Theil eines Locomotivschuppens zeigt Fig. 3, **Blatt 12** und ist ein Sparren des Daches in Fig. 4 dargestellt. Derartige Kuppeln*) sind von dem Herrn Geh.-Baurath **Schwedler** für verschiedene Spannweiten ausgeführt. Im Jahre 1863 construirte derselbe ein solches Kuppeldach für ein rundes Gasbehältergebäude in der Holzmarktstrasse zu Berlin. Die Spannweite desselben beträgt 30,92 Meter und stützen sich die 24 radialen Sparren gegen den mittleren 12eckigen Druckring von 3,14 Meter Radius, auf dem die Laterne des Daches steht. Zusammengehalten werden die Sparren durch den unteren 24eckigen Zugring von 15,46 Meter Radius und ausserdem noch durch 2 Zwischenringe von 11,83 resp. 7,845 Meter Radius, wobei die Kuppel ca. $^1/_8$ Pfeilhöhe hat. Der Querschnitt des Druckringes unter der Laterne ist in Fig. 524 dargestellt; der Ring besteht aus 2 Winkeleisen *a*, mit 1 Centim. dicken Schenkeln, die in den Eckknotenpunkten gestossen sind, indem ein verticales Flacheisen *b* von 2 Centim. Dicke, 13 Centim. Höhe und 17 Centim. Länge nach jeder Richtung des Scheitels, zwischen die Winkeleisen gelegt und mit denselben durch je 4 Nieten verbunden ist.

Fig. 524.

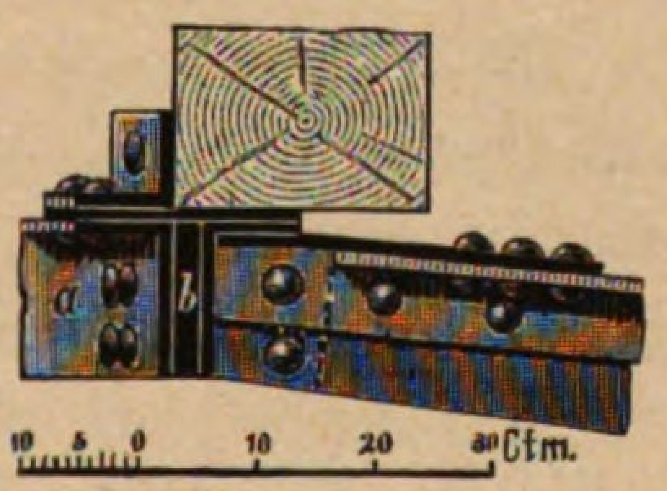
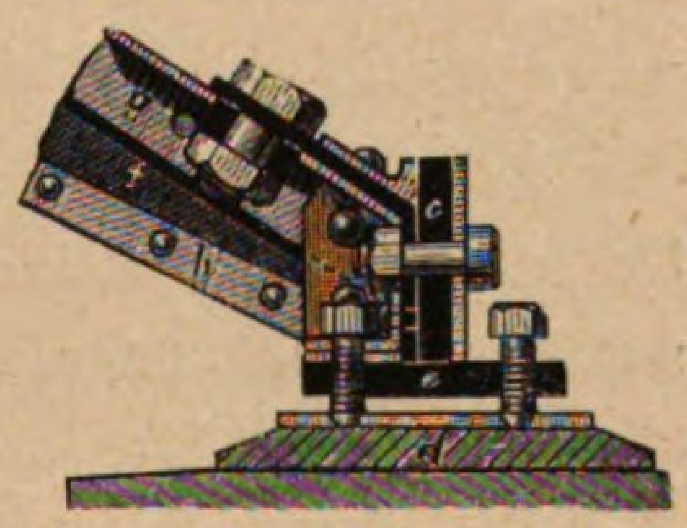


Fig. 525.



Der Querschnitt durch den 170 × 26 Millim. starken Zugring *c* und das Auflager der Sparren zeigt Fig. 525. Unter den Sparren ist eine 2,6 Centim. starke Blechplatte *e* von 29,5 Centim. Breite befestigt, die mit 4 Stück 2,6 Centim. starken Stellschrauben versehen ist, welche in entsprechende Nuthen der Grundplatte *d* eingreifen. Die Sparren bestehen aus einer verticalen Blechplatte *f* von 6,5 Millim. Dicke an der oben 2 Winkeleisen *g* von 65 × 6,5 Millim. Schenkelstärke angenietet sind. Im untersten Felde der Sparren ist das Verticalblech auch unten noch durch 2 Flacheisen *h* von je 40 × 6,5 Millim. Querschnitt verstärkt. Da die Unterkante der Sparren von einem Ring zum andern eine gerade Linie bildet, so erreichen die Verticalbleche die Höhe von 24,8 Centim. bei 3,949 Meter freitragender Länge. Der grösste Druck, der in dem Sparren vorkommt, beträgt 130 Ctr; der grösste Zug im Fussring 456 Ctr., wonach die Querschnittdimensionen bestimmt wurden. Die Stossverbindungen des Fussringes sind nach Fig. 526 mit doppelten Deckplatten von je 13 Millim. Stärke ausgeführt. Einen Schnitt durch den ersten Zwischenring giebt Fig. 527; beide Zwischenringe bestehen aus 65 × 6,5 Millim. starken Winkeleisen, die ebenfalls in den Eckpunkten gestossen und auf 13 Millim. starke Blechplatten von 42 Centim. Länge und 37 Centim. Breite aufgenietet

Fig. 526.

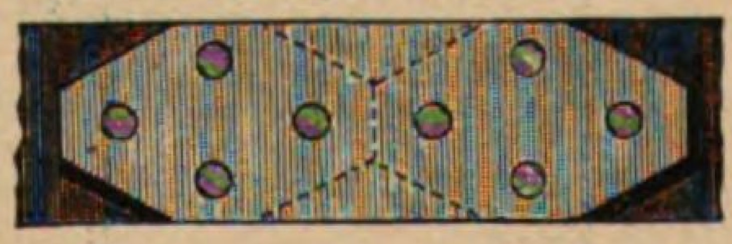
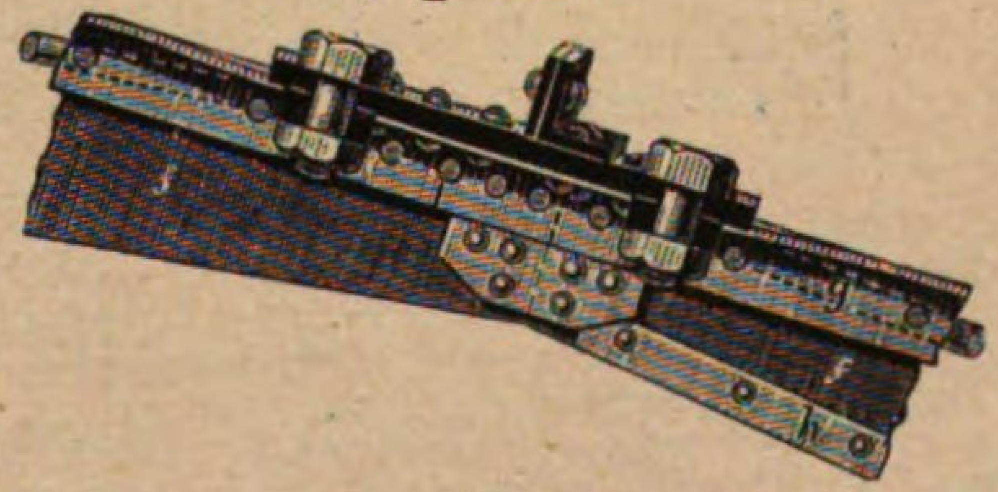


Fig. 527.



*) Die ausführliche Theorie der Kuppeldächer von **Schwedler** mit drei ausgeführten detaillirt dargestellten Beispielen findet man in Erbkam's Zeitsch. f. Bauw. 1866. S. 8. Auch in Buchform bei Ernst und Korn in Berlin erschienen. Preis 8 Mark.

sind. Wie in Fig. 527 angedeutet ist, dienen diese Blechplatten zur Befestigung der 4 Stück Diagonalen aus Rundeisen von 26 Millim. Durchmesser, welche mittelst 4 Centim. starker Schraubenbolzen unter denselben angeschraubt sind. Damit man die Diagonalen entsprechend anspannen kann, wurden an den Kreuzpunkten gusseiserne Ringe eingelegt, die einen **I**-förmigen Querschnitt, und 21 Centim. innern, 41,2 Centim. äussern Durchmesser bei 8 Centim. Flantschhöhe haben; der Steg und der äussere Flantsch haben 10, der innere Flantsch 13 Millim. Dicke. Durch diese Ringe sind die 32 Millim. starken Gewindeansätze der Anker hindurch geführt und innerhalb des Ringes mit Muttern zum Anspannen versehen.

Die Kosten des Kuppeldaches betrugen an:

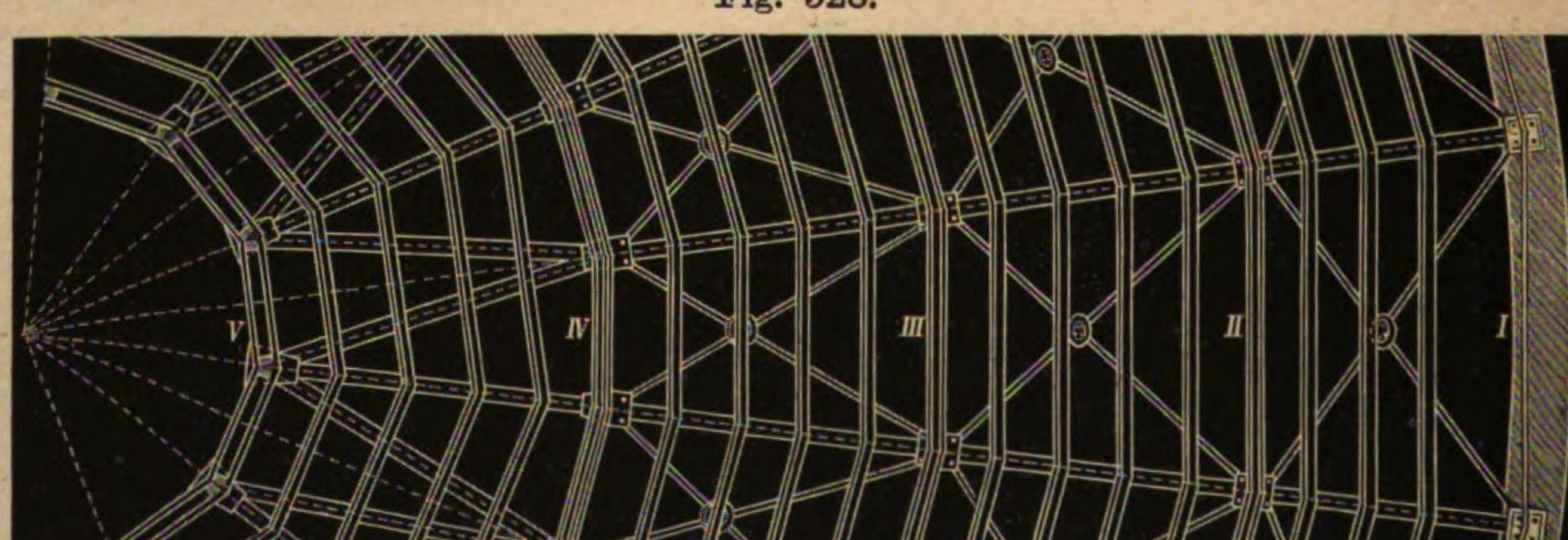
1. 412 Ctr. Guss- und Schmiedeeisen à $28^1/_2$ Mark	=	11742,0 Mark
2. 700 Stück Schraubenbolzen zu den Fetten = 65 Kilogr. . .	=	72,0 »
3. 709 Kilogr. Eisen für 12 Hebeladen zum Heben der Kuppel .	=	850,8 »
4. Arbeitslohn für das Hochheben der Kuppel	=	295,2 »
Eisenconstruction zusammen . .	=	12960,0 Mark.
5. Zimmerarbeit zur Rüstung und zum Dache	=	6000,0 »
Summa	=	18960,0 Mark.

Der lichte Durchmesser d des überdeckten Raumes beträgt 30,28 Meter, demnach die Grundfläche $\frac{d^2\pi}{4} = \frac{30,28^2 \,.\, 3,142}{4} = 720,2$ □Meter. Da nun die Eisenconstruction 20665 Kilogr. wiegt, so beträgt das Gewicht derselben pro □Meter der Grundfläche $\frac{20665}{720,2} = 28,6$ Kilogr. und die Kosten $\frac{12960}{720,2} = 18$ Mark; also 2 Mark weniger als die vorhergehende Construction mit Parabelträger. Das fertige Dach kostete pro □Meter Grundfläche $\frac{18960}{720,2} = 26,33$ Mark.

Zwei andere Kuppeldächer von 40,8 und 43,9 Meter Spannweite wurden von **Schwedler** im Jahre 1865 für Gasbehältergebäude der städtischen Gasanstalt zu Berlin nach demselben System ausgeführt; das kleinere am Hellweg Nr. 9, das grössere in der Müllerstrasse.

Die Kuppel von 40,8 Meter Spannweite besteht aus 5 polygonalen Ringen und 24 Radialsparren, deren Oberkante nach einer cubischen Parabel von $^1/_6$ Pfeilhöhe gekrümmt ist. Die Radien der 5 Ringe betragen 3,14; 7,845; 12,395; 16,788 und 20,4 Meter und ist der erstere Ring ein 12-Eck, die anderen 24-Ecke. Aus dem Grundrisse Fig. 528,

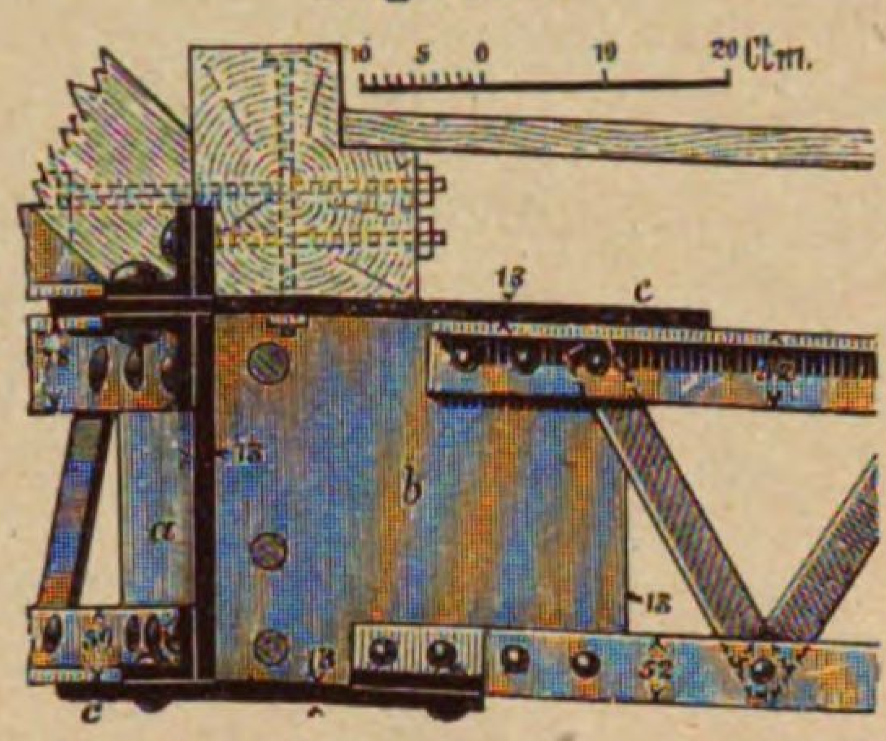
Fig. 528.



ist die Anordnung der Sparren und Fetten zu ersehen, die letzteren haben vom V. bis zum III. Ringe 13 Centim. Höhe, bei 10,5 Centim. Breite, die nächsten 3 Stück 13 × 13 Centim., die folgenden 4 Stück 15,7 × 13 und die beiden untersten 15,7 × 15,7 Centim. Stärke. Im Scheitel, wo die Kuppel sehr flach ausfällt, hat der Laternenring eine Höhe von 39,2 Centim. erhalten, damit er gegen Zufälligkeiten mit den anschliessenden Sparrentheilen eine feste Platte von 15,7 Meter Durchmesser bilde. Diese Platte ist in der

unteren Gurtung für eine Belastung von 100 Kilogr. pro □Meter bemessen worden. Die 2 oberen Winkeleisen des Laternenringes Fig. 529 haben eine Schenkelstärke von 78 × 13 Millim., das untere hat 59 × 10 Millim. Stärke. Diese Winkeleisen sind an den Stellen, wo sie die Sparren aufnehmen, an verticale Blechplatten *a* von 13 Millim. Stärke und 52 Centim. Länge angenietet, im Uebrigen aber durch verticales Gitterwerk mit einander verbunden. An den Sparrenenden befinden sich ebenfalls Blechplatten *b*, wovon je 3 zusammen zwischen die horizontalen Stossplatten *c* geschoben und mit dem Laternenringe vernietet sind. Die Zwischenringe bestehen aus je einem Winkeleisen von 91 × 13 Millim. Schenkelstärke.

Fig. 529.



Der untere Fussring, aus Flacheisen von 21 × 2,6 Centim. Stärke gebildet, ist nach Fig. 530 gestossen, mit 2 Stossblechen von je 13 Millim. Stärke gedeckt und mit 26 Millim. starken Nieten vernietet. In ähnlicher Weise wie bei der vorhergehenden Construction sind auch die Sparren hergestellt, jedoch mit dem Unterschiede, dass die verticale Blechwand durch Gitterwerk ersetzt ist, und haben die Gitterstäbe 40 × 6,5 Millim. Stärke bei 47 Centim. Theilung in den Mitten der Sparrentheile, welche nach den Knotenpunkten zu auf 31 Centim. verringert ist. Das Auflager dieser Sparren giebt Fig. 531; die obere Gurtung ist in der untersten Zone aus 2 Winkeleisen von 78 × 10 Millim. Schenkelstärke gebildet, in der 2. Zone aus

Fig. 530.

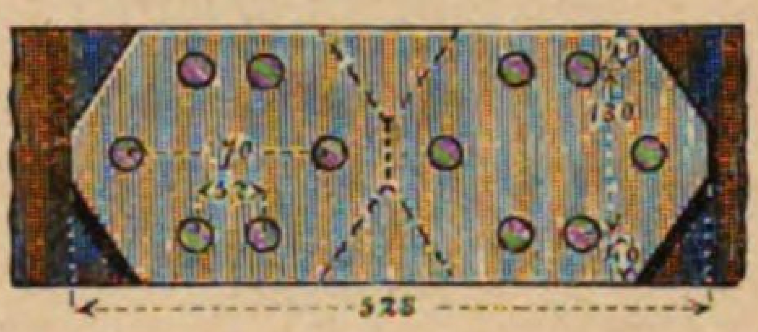


Fig. 531.

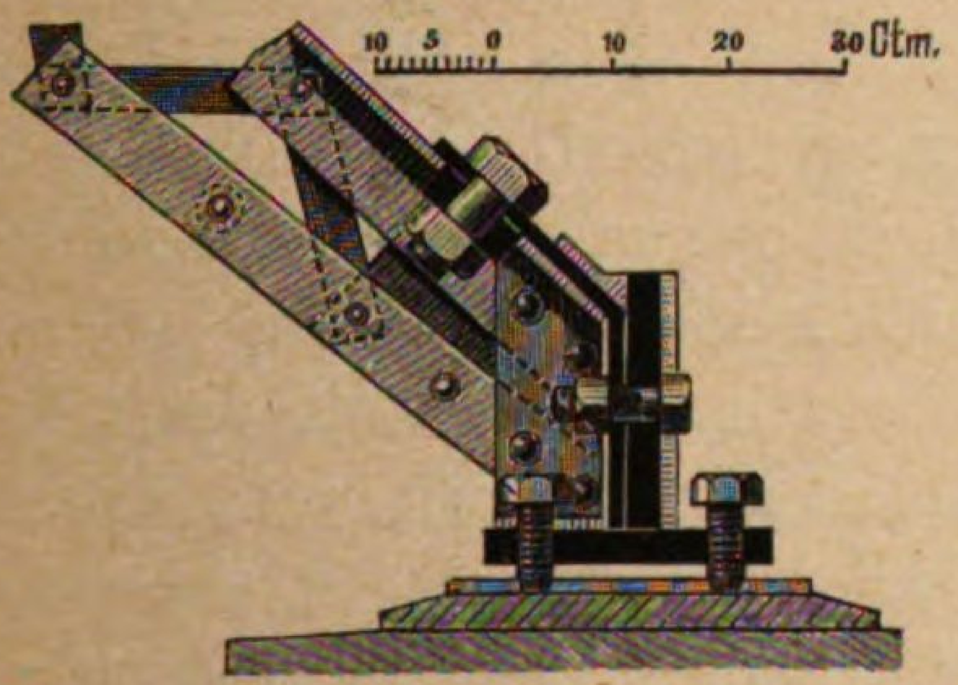


Fig. 532.



Fig. 533.

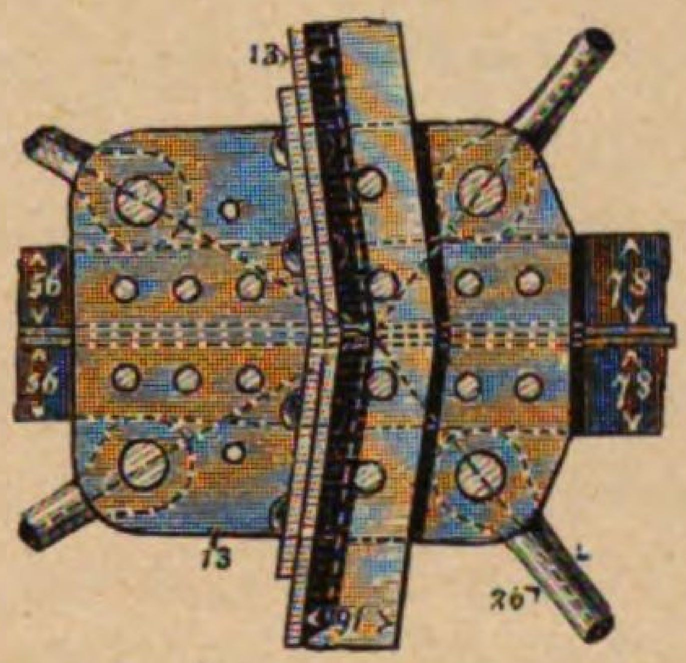
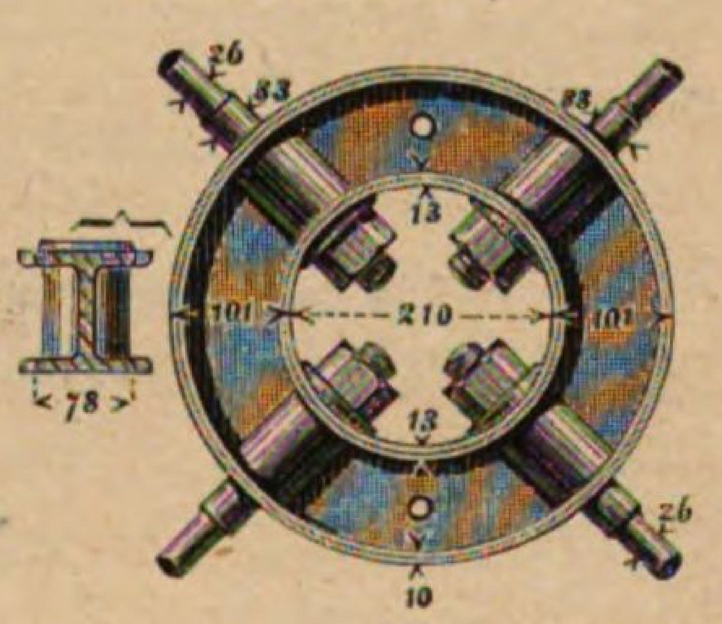


Fig. 534.



65 × 10 Millim., in der 3. und 4. Zone aus 59 × 8 Millim. starken Winkeleisen. Die unteren Gurtungen der Sparren haben zeitweise Druck auszuhalten, namentlich dann, wenn die Fetten noch nicht aufgebracht sind, daher wurden die beiden Flacheisen derselben in je 23,5 Centim. Entfernung durch Einlage und Niet miteinander verbunden. In der untersten Zone haben die Flacheisen je 59 × 10 Millim, in der 2. Zone 52 × 10 Millim. und in der 3. und 4. Zone 52 × 6,5 Millim. Stärke. Den mittleren Querschnitt eines Sparrens giebt Fig. 532, wogegen in Fig. 533 die obere Ansicht einer Verbindung der Zwischenringe und Diagonalen mit den Sparren dargestellt ist. Die Diagonalen haben dieselbe Stärke wie bei der vorhergehenden Kuppel, auch sind an den Kreuzpunkten der Diagonalen gusseiserne Ringe nach dem schon beschriebenen Modelle angewendet; Form und Stärke dieser Ringe sind aus Fig. 534 zu entnehmen; die beiden kleinen Löcher in dem Ringe dienen zur Aufhängung der Diagonalen an der darüber liegenden Fette.

Die Kosten der Kuppel betrugen an:

1.	Schmiedeeisen und Gusseisen 752,5 Ctr. à 28,5 Mark . . .	= 21446,3	Mark
2.	Gerüste, wobei die Dachhölzer mit benutzt wurden	= 2100,0	»
3.	Fetten, Schaalung, Rinne, Laterne etc.	= 5250,0	»
4.	Vorrichtungen zum Heben der Eisenconstruction	= 900,0	»
5.	Heben der Eisentheile	= 300,0	»
	Summa	= 29996,3	Mark.

Die überdeckte Grundfläche beträgt 1307,6 □Meter, demnach wiegt die Eisencon-

struction pro □Meter Grundfläche $\frac{37625}{1307,6} = 28,8$ Kilogr., dieselbe kostet $\frac{21446,3}{1307,6} = 16,4$ Mark. Fertig aufgestellt und verschaalt kostete die Kuppel excl Pappe, Zinkblech und Anstrich $\frac{29996,3}{1307,6} = rot.$ 23 Mark.

Die grössere Kuppel*) von 43,9 Meter Spannweite ist in derselben Weise construirt wie die letztere, nur mit entsprechend stärkeren Dimensionen; z. B. hat der Fussring 235 $\times$ 26 Millim. Stärke erhalten.

Diese Kuppel kostete an:

1.	Schmiedeeisen und Gusseisen 865 Ctr. à 28,5 Mark	=	24652,5 Mark
2.	Rüstung incl. Leihen der Hölzer	=	2100,0 »
3.	Fetten, Schaalung, Rinne, Laterne etc.	=	6012,0 »
4.	Hebevorrichtungen	=	900,0 »
5.	Heben der Eisenconstruction	=	328,5 »
	Summa	=	33993,0 Mark.

Da die überdeckte Grundfläche 1514 □Meter beträgt, so wiegt die Eisenconstruction pro □Meter $\frac{43250}{1514} = 28,6$ Kilogr. und diese kostet $\frac{24652,5}{1514} = 16,3$ Mark. Für die fertig aufgestellte und eingeschaalte Kuppel excl. Pappe, Zinkblech und Anstrich betrugen die Kosten pro □Meter Grundfläche $\frac{33993}{1514} = 22,5$ Mark.

In Wien wurde im Jahre 1867 ein Kuppeldach nach dem System **Schwedler** für ein Gasbehälterhaus vor der Favoritenlinie ausgeführt. Dasselbe hat eine Spannweite von 33,6 Meter und besteht aus 32 radialen Sparren und 4 polygonalen Ringen. Der oberste Ring trägt ebenfalls eine Laterne und beträgt die Kuppelhöhe vom Auflager der Gespärre bis zum hölzernen Laternenkranz 4,16 Meter. Auch für das Gaswerk in Erdberg bei Wien ist im Jahre 1872 eine Kuppel nach demselben System ausgeführt. Dadurch, dass man bei der obigen Kuppel von 33,6 Meter Spannweite 32 Sparren angeordnet hat, ist jedenfalls ein verhältnissmässig grösserer Materialaufwand erforderlich gewesen, als bei den grossen von **Schwedler** ausgeführten Kuppeln mit 24 Sparren, indem die Zahl der Knotenpunkte, wo ein Materialzusatz für Nietlöcher und Stossplatten nöthig wird, bedeutend vergrössert ist.

Sehr oft sind die flachen **Schwedler**'schen Kuppeln zur Ueberdachung der polygonalen Locomotivschuppen zur Ausführung gekommen, wie ein solcher im Jahre 1863 für den Bahnhof **St. Johann****) der Saarbrücker-Eisenbahn entworfen wurde. Dieser Locomotivschuppen mit 16 Ständen bildet ein regelmässiges 16-Eck von 49,6 Meter lichter Weite, und ist der mittlere Theil mit einer Flachkuppel überdeckt, die aus 16 radialen Sparren mit 4 Ringen besteht, auf 16 gusseisernen Säulen ruhend; die Mitten der Säulen bilden einen Kreis von 24,5 Meter Durchmesser. Der äussere Theil des Schuppens wurde mit 16 Satteldächern überdeckt, welche bei dem trapezförmigen Grundrisse jedes Raumtheiles, in Kehlen mit starkem Gefälle zusammenschneiden; in diesen Kehlen liegen die Dachrinnen. Die Kehlen und der mittlere Theil der Kuppel sind mit Zinkblech Nr. 16, alle übrigen Dachflächen mit Luxemburger Schiefer auf 2,5 Centim. starker Schaalung eingedeckt. Zur Reinigung der Fenster und zur Erleichterung von Reparaturen ist unter den Fenstern am Fusse der Kuppel eine auf eisernen Consolen ruhende Gallerie angebracht.

Die zu den Constructionstheilen der Kuppel verwendeten Eisensorten sind im Wesentlichen dieselben, wie diejenigen, welche bei der auf S. 257 beschriebenen Kuppel von 30,92 Meter Spannweite gebraucht wurden.

Die Eisenconstruction der Kuppel hatte ohne die gusseisernen Säulen ein Gewicht von 220 Ctr., und da ca. 492 □Meter Grundfläche überdeckt sind, so beträgt das Gewicht pro □Meter $\frac{11000}{492} = 22,4$ Kilogramm. Für Schmiedeeisen zahlte man pro Ctr. 33

*) Veröffentlicht ist dieselbe in dem »Skizzenbuch für Maschinenbau« von **Wiebe**.

**) Erbkam's Zeitschrift f. Bauwesen 1866. S. 30.

Mark, für Gusseisen 12 Mark. Die Kosten der Eisenconstruction des ganzen Schuppens betrugen pro □Meter der gesammten Grundfläche 16,82 Mark. Im Ganzen betrugen die Kosten des fertigen Locomotivschuppens incl. Wasserstation, Wasserreservoir, Drehscheibe etc. 153000 Mark; da 2231 □Meter bebaut sind, kostet also 1 □Meter $\frac{153000}{2231} = 68{,}58$ Mark, oder pro Locomotivstand kostet der Schuppen $\frac{153000}{16} = 9562{,}5$ Mark.

Die Drehscheibe kostete 12000, der Vorwärmer 900, der Wasserkrahn 1200 und der Wasserkasten 600 Mark, zusammen 14700 Mark; ohne diese Theile kostete also der Schuppen 138300 Mark, oder pro Locomotivstand 8644 Mark.

Aehnliche Locomotivschuppen sind in Bromberg, Dortmund, Görlitz, Paderborn, Soest, Hannover etc. ausgeführt. Der ebenfalls für 16 Locomotiven eingerichtete im Jahre 1869 erbaute polygonale Schuppen auf dem Bahnhofe zu Hannover*), ist auf **Blatt 12**, Fig. 3 im Verticalschnitte und in der Ansicht dargestellt; die lichte Weite desselben zwischen den Umfassungswänden beträgt 48,4 Meter. Die Grundrissform des Schuppens, Fig. 535,

Fig. 535.

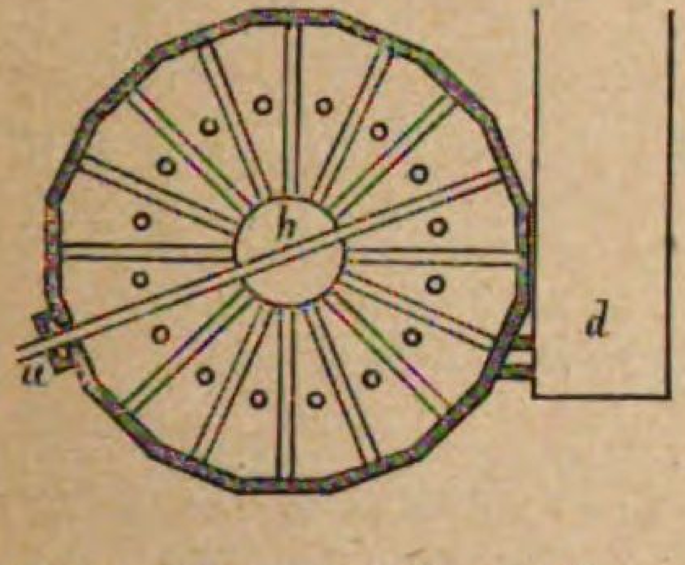
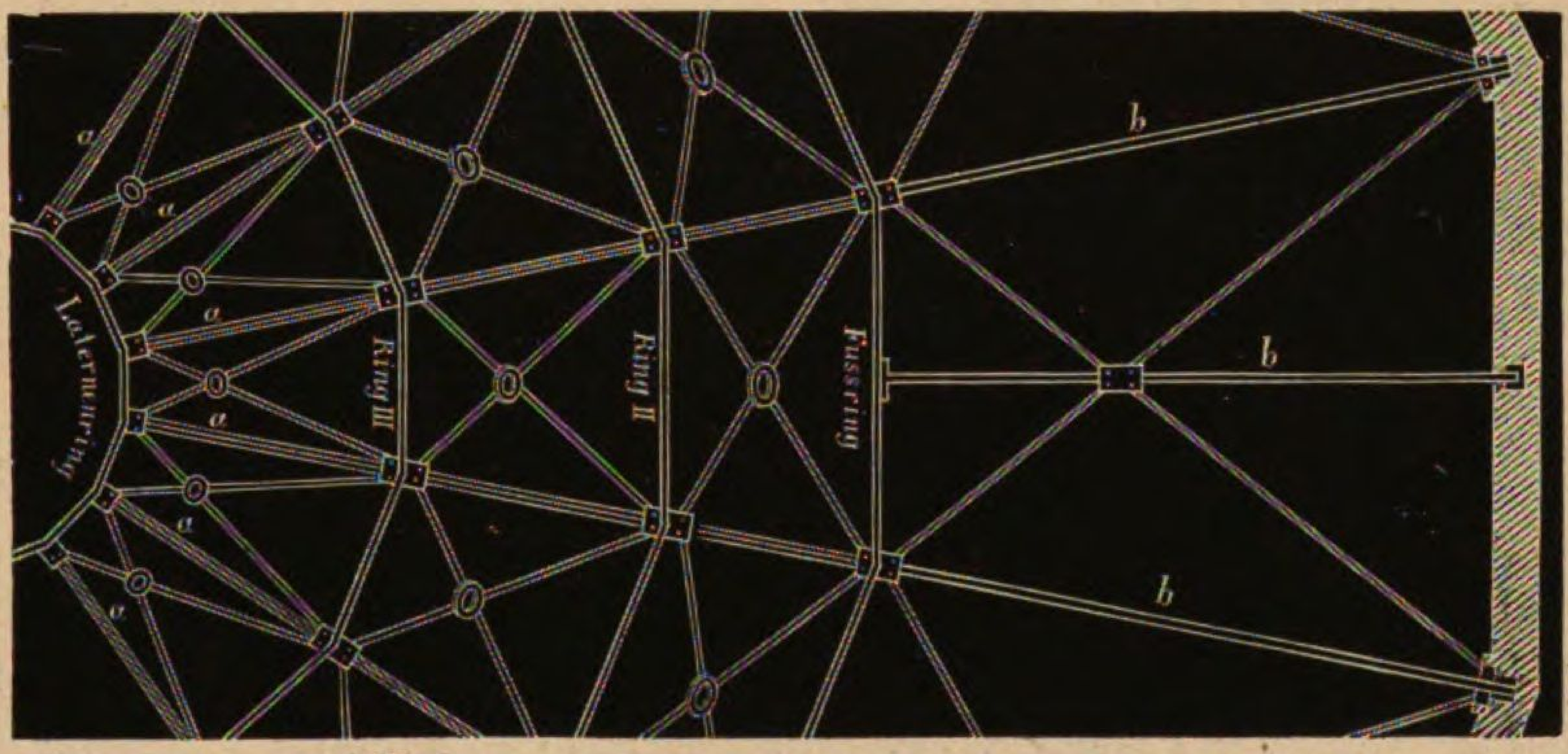
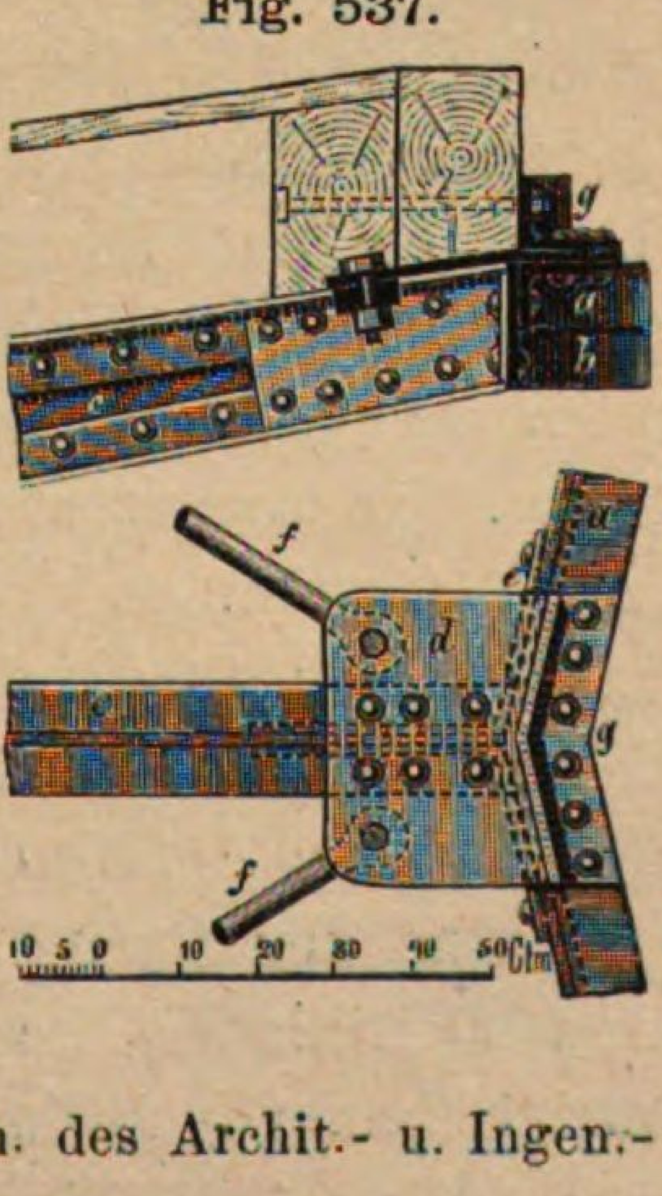


Fig. 536.



ist ein regelmässiges 16-Eck mit 0,6 Meter starken Wänden in Ziegelrohbau. In Fig. 535 sind die 16 radialen Geleise angedeutet, *a* bezeichnet das Einfahrtgeleise, *b* eine Drehscheibe von 12 Meter Durchmesser, *d* ein schon vor dem Baue des Schuppens vorhandenes Werkstattgebäude. Der mittlere mit einem Kuppeldache überdeckte Theil des Schuppens hat zwischen den Säulenmitten einen Durchmesser von 31,4 Meter und ist der äussere Theil von den Säulen ab, mit Pultdächern überdeckt. Fig. 536 zeigt einen Theil des Grundrisses der Sparren von der Kuppel und von den Pultdächern. Die 16 Stück radialen Sparren *a* der Kuppel ruhen nach Fig. 4, **Blatt 12** mittelst schmiedeeiserner Stützen auf den gusseisernen Säulen des Schuppens, über diesen Säulen ist ein polygonaler Trägerring gelegt, an dem das eine Ende der 32 Stück Sparren *b*, Fig. 536, der Pultdächer festgenietet wurde, während das andere Ende derselben auf der Umfassungsmauer aufliegt.

Fig. 537.



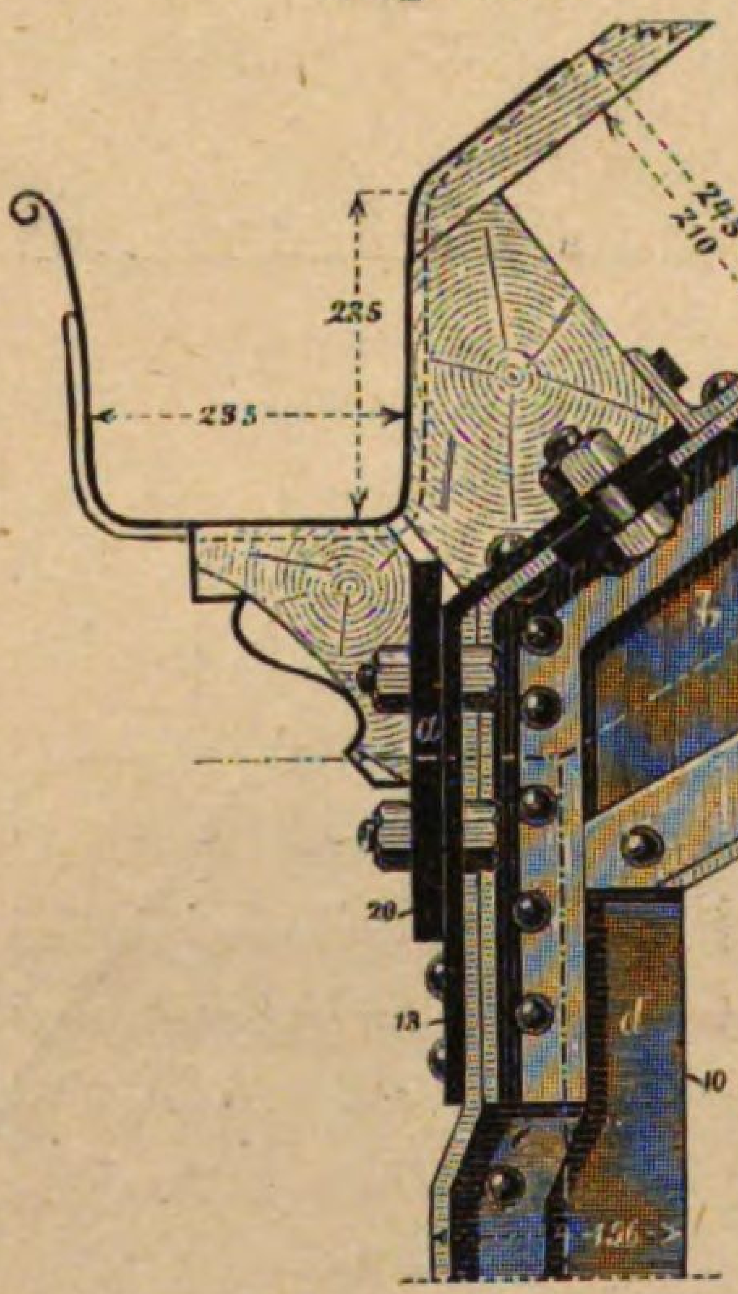
Die Kuppel hat ausser dem Laternenringe (Druckring) und dem Fussringe (Zugring) noch 2 Zwischenringe erhalten, die je aus einem Winkeleisen von 78 × 13 Millim. Schenkelstärke gebildet sind und daher je 18,8 □Centim. Querschnitt besitzen. Fig. 8 und 9, **Blatt 12** zeigen die Verbindung der Zwischenringe mit den Sparren und mit den Diagonalen, welche letzteren sämmtlich 26 Millim. Durchmesser haben. Der Laternenring *C* Fig. 4, **Blatt 12**, dessen Detail in Fig. 537 im Querschnitte und im Grundrisse dargestellt ist, bildet ein 16-Eck von 6,3 Meter Durchmesser und besteht aus einem Winkeleisen von 78 × 13 Millim. Schenkelstärke und einem Flacheisen *b* von 156 × 13 Millim. Stärke, die zusammen 39,3 □Centim. Querschnitt haben. An diesem Ringe wurden die Sparren *c* mittelst

*) Publicirt von den Ingenieuren Herren **Mehrtens** und **Rooth** in der Zeitsch. des Archit.- u. Ingen.-Vereins zu Hannover 1870. S. 355.

einer oberen Deckplatte *d* und mit 2 Winkellaschen angenietet, unter der Deckplatte *d* sind die Diagonalen *f* befestigt. Der Holzrahmen für die Laterne ist mit Schraubenbolzen an den kurzen Winkeleisen *g* angeschraubt, welche auf den Deckblechen *d* aufgenietet sind. Auf dem Rahmen stehen 16 Ständer von 1,75 Meter Höhe, die durch 4 innere Streben und Doppelzangen mit einem Kaiserstiel verbunden ein Zeltdach tragen. Zwischen je 2 Ständer sind feste Jalousien aus 3,5 Centim. starken, 19 Centim. breiten Brettern hergestellt, wodurch eine wirksame Ventilation des Schuppens erreicht wird.

Die 16 Sparren der Kuppel, Fig. 4, **Blatt 12**, sind in der oberen Gurtung nach einer cubischen Parabel gebogen und ist deren **I**-förmiger Querschnitt, Fig. 6, aus einer 6,5 Millim. starken verticalen Blechplatte und 4 Winkeleisen von 65 × 10 Millim. Schenkelstärke gebildet. Kurze Winkeleisenstücke, 65 × 10 Millim. stark, sind auf der oberen Gurtung der Sparren aufgenietet, an denen die 21 Centim. hohen, 15,6 Centim. breiten Fetten mittelst Schraubenbolzen von 16 Millim. Durchmesser befestigt werden konnten. Auf den Fetten ist eine 3,5 Centim. starke Schaalung genagelt und mit Pappe eingedeckt. Die einzelnen Pappstreifen auf der Kuppel, von oben nach unten laufend, sind auf Holzleisten, deren Querschnitt die Form eines gleichseitigen Dreiecks hat, gestossen, in der Weise, dass die Ränder der Pappe auf die geneigten Dreieckseiten aufgenagelt und hierüber eine Kappe aus Dachpappe genagelt wurde. Nachdem diese Kappen sorgfältig mit einem Anstriche aus Theer, Asphalt und Goudron versehen waren, erhielt die ganze Dachfläche einen solchen Anstrich, der dann im nassen Zustande mit gesiebtem Sande bestreut ist.

Fig. 538.



Der Querschnitt des Fussringes bei *B* Fig. 4, **Blatt 12** ist in Fig. 538 detaillirt dargestellt; hiernach besteht der Fussring *a* aus Flacheisen von 249 × 20 Millim. Stärke, in 16 Theilen hergestellt, die durch 20 Millim. dicke, 550 Millim. lange Laschen und conische Schraubenbolzen mit einander verbunden sind. An diesen Laschen *l* finden auch die unteren **Blatt 12**, Fig. 5 angedeuteten Verticalen und Diagonalen ihre Befestigung. Die Stützen, welche auf den gusseisernen Säulen aufstehen, sind nach Fig. 538 an 13 Millim. starke Winkellaschen festgenietet. Diese Stützen bestehen aus einer Blechrippe *d* von 156 × 10 Millim. Stärke und aus 2 Winkeleisen *e* mit 78 × 10 Millim. starken Schenkeln. Vermittelst derselben Winkellaschen sind auch die unteren Sparrenenden mit dem Fussringe und mit den Stützen vereinigt. Die um die Kuppel herumgeführte Dachrinne aus Zinkblech ruht auf einer Holzleiste sowie auf eisernen Rinnenhacken und bildet zugleich das oberste Glied des Kuppelgesimses, dessen unteren Glieder ebenfalls aus Zinkblech hergestellt und oben mit der Rinne verlöthet, unten aber mittelst Nägel an einer Holzleiste befestigt wurden. Von der Dachrinne aus führen auf den Polygonecken der verticalen Fensterwand 16 Abfallrohre von 10 Centim. Weite in ebenso viele offene, auf der unteren Dachfläche liegende Rinnen, von wo aus das Wasser in die auf der Umfassungsmauer liegende Hauptrinne gelangt. Diese hat von den Polygonecken nach der Mitte der Polygonseiten zu ein Gefälle von 4 Centim. und die hier, sowie in den Ecken des Vorbaues angebrachten 17 Abfallrohre haben 13 Centim. Durchmesser, sie leiten das Wasser in einen um den Schuppen herumgeführten unterirdischen Entwässerungscanal. Die Gesimse sind aus Zinkblech Nr. 11, die Abfallrohre aus Nr. 12 und die Rinnen aus Zinkblech Nr. 13 hergestellt.

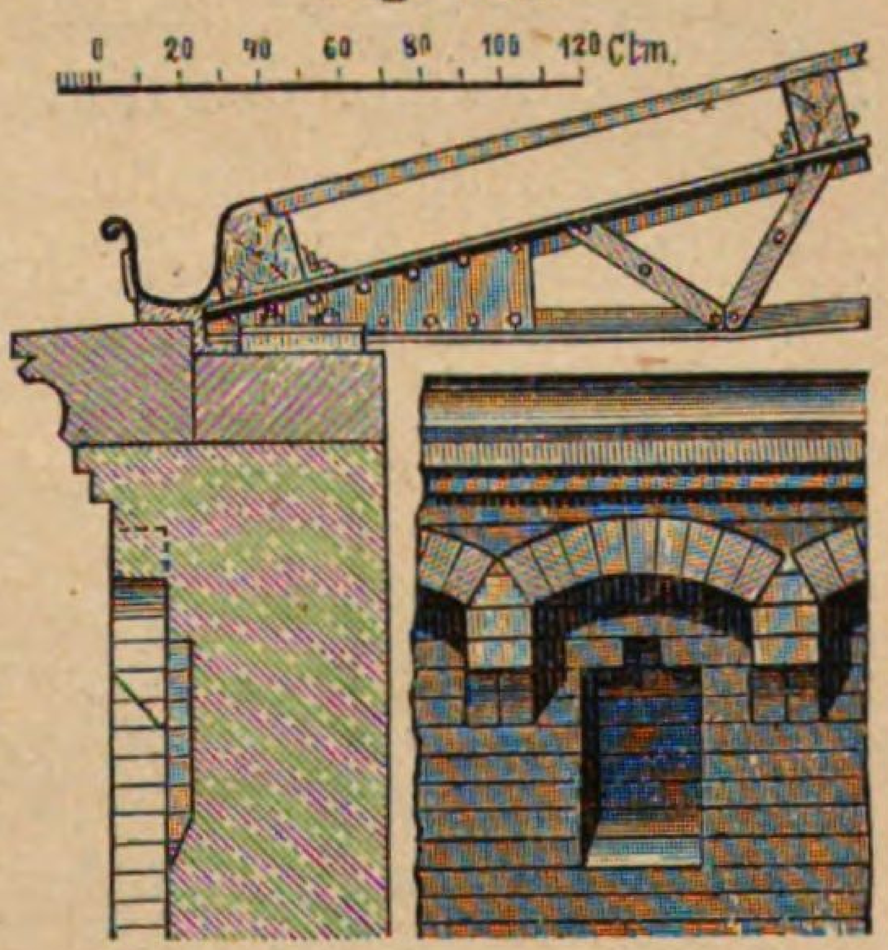
Auf den Capitälen *D* der gusseisernen Säulen Fig. 4, **Blatt 12** liegen Blechplatten von 20 Millim. Dicke auf denen je eine rechtwinklig gebogene Platte von derselben Stärke angeschraubt ist. Im Innern des Schuppens wurde an diese Platten ein polygonaler Ring aus 105 × 13 Millim. starken Winkeleisen angeschraubt, der, aus 16 Längen zusammen-

gesetzt, die Säulen im Kreise zusammenhält. An diesem Ringe sind auch die 16 zwischen den Säulen liegenden Sparren der unteren Pultdächer mittelst rechtwinklig gebogener Platten festgeschraubt; da diese Sparren keine directen Stützpunkte haben, so wird ihre Last durch diagonale Flacheisen, 52 × 10 Millim. stark, auf die Stützen der Kuppel und von diesen auf die Säulen übertragen. Dicht über den Säulen ist eine Gallerie *g*, Fig. 3 und 4, **Blatt 12** angebracht, deren Holzbeleg auf kleinen Consolen aus 6,5 Millim. starkem Blech und 65 × 10 Millim. starkem Winkeleisen aufliegt. Von dieser Gallerie aus kann die Fensterwand bequem gereinigt werden. Die Säulen sind im Ganzen 8,74 Meter lang in 2 Theilen ausgeführt und durch 25 Millim. dicke Flantschen verbunden; der obere Theil hat unten 26, oben 23,5 Centim. äussern Durchmesser bei 12 Millim. Wandstärke. Der untere Säulentheil, ebenfalls von ringförmigem Querschnitt, hat unten 31,5 Centim. äussern Durchmesser bei 22 Millim. Wandstärke und ist durch 8 Rippen von 25 Millim. Dicke verstärkt. Die Fussplatte der Säulen steht auf einem Haustein von 29 Centim. Höhe und 0,46 □Meter Grundfläche, doch ist zwischen diesem und der Fussplatte ein Spielraum von 12 Millim. gelassen, der dann mit Cement ausgegossen wurde, um ein vollkommenes Aufliegen der Fussplatte zu erzielen. Die Form der Säulen ist weder zweckmässig noch schön.

Die Details der oberen gusseisernen Fenster sind in Fig. 5 und Fig. 10 bis 14, **Blatt 12** dargestellt. Wie aus Fig. 4 hervorgeht, reichen die Fenster nicht ganz auf die oberste Fette des unteren Daches, so dass auf dem letzteren noch eine profilirte Holzleiste von ca. 10 Centim. Höhe genagelt werden konnte, in welche die Fenster eingreifen. Zur Erzielung eines dichten Anschlusses ist die Dachpappe noch über die Holzleiste gedeckt, bis unter die Fenster reichend, und sind beim Anschlagen der Fenster alle Fugen sorgfältig mit Kitt verstrichen. Befestigt sind die Fenster mittelst Schraubenbolzen an den Diagonalen und Verticalen, die zwischen den Stützen der Kuppel vorkommen.

Die 9,5 Meter langen Sparren der unteren Pultdächer wurden als Parabelträger nach dem System **Schwedler** (**Blatt 9**, Fig. 8 und S. 196) construirt, und zwar in der obern und untern Gurtung aus T-Eisen von 105 Millim. Flantschbreite, 92 Millim. Höhe und 10,5 Millim. Flantsch- und Stegstärke, im Gewichte von 15,8 Kilogr. pro lfd. Meter. Beide Gurtungen sind an den Trägerenden durch 10 Millim. starke Blechplatten und im Uebrigen durch Diagonalen aus 2 Flacheisen, je 52 × 10 Millim. stark, mit einander verbunden. Um diese Diagonalen zur Aufnahme von Druckspannung fähig zu machen, wurden dieselben nach Fig. 7, **Blatt 12** auseinandergebogen und durch Stehbolzen zusammengehalten. Die grösste Höhe der Träger beträgt 76 Centim. in den beiden mittleren Knotenpunkten, und die Auflagerung der Träger auf der Umfassungsmauer ist aus Fig. 539 zu ersehen, worin auch der äussere Bogenfries aus Backsteinen angedeutet ist.

Fig. 539.



Bei Aufstellung dieser Eisenconstruction wurde die Anwendung von Gerüsten möglichst vermieden. Das Heben der Eisenblechtheile geschah mit Hülfe eines kleinen ca. 12 Meter hohen und eines grösseren ca. 20 Meter hohen Mastes aus Rundholz von ca. 26 Centim. mittleren Durchmesser, die unten mit einem Zapfen in ein auf dem Erdboden liegendes Bohlenstück eingreifen und oben durch 3 bis 5 Seile balancirt werden. Von dem oben angehängten Flaschenzuge leitet man das Seil nahezu senkrecht nach unten und führt es hier über eine am Mast befestigte Rolle nach einer einfachen Bockwinde. Zuerst wurden die gusseisernen Säulen mit Hülfe des kleinen Mastes aufgerichtet und mit Anker auf dem Fundamente festgeschraubt; dann wurde der polygonale Winkeleisenring auf den Säulen befestigt und hierauf montirte man die Stützen der Kuppel und verband diese durch die Diagonalen aus Flacheisen. Um diesen letzteren eine geringe Spannung zu geben, hat man sie im angewärmten Zustande angebracht.

Nun konnten die Parabelträger des Umfassungsbaues aufgebracht und vollständig befestigt werden, ebenso wurde jetzt auch der Fussring der Kuppelsparren in einzelnen Theilen aufgezogen und mit den Stützen verschraubt. Alle diese Arbeiten sind nur mit Hülfe des kleinen Mastes unter Anwendung von Leitern ausgeführt.

Zur Montirung der Kuppel musste in der Mitte des Raumes ein ca. 15 Meter hohes Gerüst erbaut werden, worauf der Laternenring (Druckring) gelegt werden konnte. Dieses bestand aus 4 runden, etwas nach innen geneigten Eckstreben von etwa 26 Centim. Durchmesser, die unten durch 4 horizontale $^{14}/_{17}$ Centim. starke Zangen, oben aber durch 4 Holme von $^{19}/_{22}$ Centim Stärke zusammengehalten werden. Auf den Holmen des oben 6,4 Meter im Quadrat breiten Gerüstes waren $^{12}/_{22}$ Centim. starke Balken aufgekämmt und hatte man die Holme noch durch Streben gegen die 4 Eckstreben abgestützt; um deren Schub aufzuheben, wurden in ca. 11 Meter Höhe von unten 4 horizontale Doppelzangen von je $^{10}/_{22}$ Centim. Stärke um die Ecksäulen gelegt und waren dann noch die unteren 4 Felder des Gerüstes durch je ein Andreaskreuz aus $^{14}/_{19}$ Centim. starken Hölzern abgesteift.

Auf diesem Gerüste wurde der Laternenring zusammengesetzt, in die richtige horizontale Lage gebracht und gehörig unterstützt. Jeder Sparren wurde nun mit Hülfe des grossen Mastes und der Bockwinde in die Höhe gezogen, wobei er in einem Tau so hing, wie es seine spätere Lage bedingte. Oben angekommen nahm die nöthige Mannschaft die Sparrenenden in Empfang, brachte sie zwischen die Winkeleisen, welche an dem Laternenringe und an den Stützen angenietet waren, und trieb vorläufig Stahldorne in die Schraubenlöcher, worauf dann die Sparren mittelst Schrauben vollständig befestigt wurden. Zur Vermeidung einer dauernden einseitigen Belastung des Laternenringes sind immer 2 diametral gegenüberliegende Sparren nacheinander aufgezogen und befestigt worden. Nachdem so die Kuppelsparren fertig aufgestellt waren, konnten die beiden Zwischenringe und die Diagonalen leicht angebracht werden. Die Aufstellung der gesammten Eisenconstruction der Kuppel und des unteren Daches hat 3 Wochen Zeit in Anspruch genommen. Ausgeführt sind die Eisenarbeiten dieses Locomotivschuppens in der Fabrik von **Balcke, Kuntze & Comp.** in Oberhausen a. d. Ruhr. Dieselben lieferten das Schmiedeeisen zu 22,5 Mark, das Gusseisen zu 10,2 Mark pro Centner.

Das Gewicht der gusseisernen Säulen betrug 512,8 Ctr., dasjenige der gusseisernen Auflagerplatten unter den Bindern des Umfassungsbaues 12,5 Ctr., also 525,3 Ctr. zusammen.

Die Schmiedeeisentheile der Kuppel incl. Fussring aber ohne die auf den gusseisernen Säulen vorhandenen Stützen hatten ein Gewicht von ca. 490 Ctr.; da die Kuppel von 31,4 Meter Durchmesser ca. 774 □Meter Grundfläche überdeckt, so beträgt das Gewicht derselben $\frac{24500}{774} = rot.$ 31,7 Kilogr. pro □Meter. Die Parabelträger des Umfassungsbaues hatten ein Gewicht von 340,4 Ctr. und das Gesammtgewicht des Schmiedeeisens was zur Kuppel, zu dem unteren Dache und zu der inneren Gallerie erforderlich war, betrug 1076,64 Centner. Die ganze überdeckte Grundfläche des Schuppens berechnet sich zu 2118 □Meter, mithin ist das Gewicht pro □Meter $\frac{80097}{2118} = 37,8$ Kilogr. an Gusseisen und Schmiedeeisen.

Die Kosten des Schuppens betrugen an:

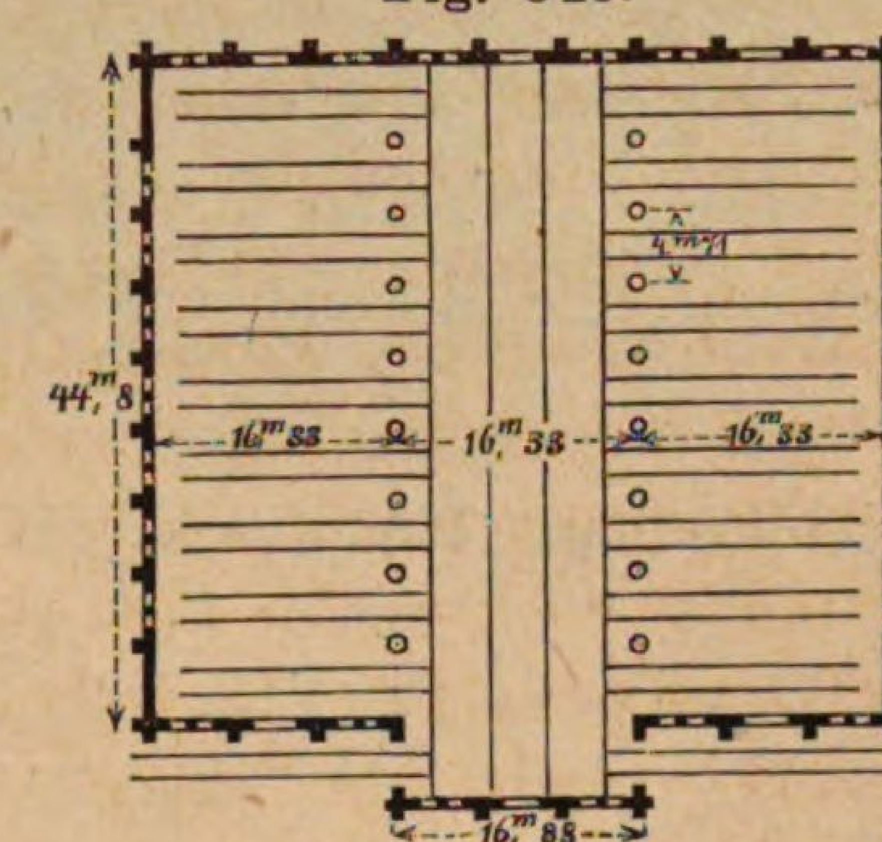
1.	Erdarbeiten	= 1860	Mark
2.	Maurerarbeiten	= 26442	»
3.	Steinhauerarbeiten	= 10248	»
4.	Zimmerarbeiten	= 10341	»
5.	Dachdeckung	= 3312	»
6.	Klempnerarbeiten	= 3162	»
7.	Tischlerarbeiten	= 528	»
8.	Eisenarbeiten	= 56208	»
9.	Glaserarbeiten	= 1266	»
10.	Anstreicherarbeiten	= 1356	»
11.	Wasserleitung	= 1386	»
12.	Entwässerungsanlagen	= 2343	»
13.	Insgemein	= 948	»
	Summa	= 119400	Mark.

Dies ergiebt pro □Meter der bedeckten Grundfläche $\frac{119400}{2118} = 56{,}37$ Mark; oder pro Locomotive $\frac{119400}{16} = 7462{,}5$ Mark.

Die Kosten der fertig aufgestellten Drehscheibe von 12 Meter Durchmesser mit den in einem Stücke gewalzten Puddelstahlschienen haben 7050 Mark betragen.

Nach den Bemerkungen auf Seite 168 stellen sich die Locomotivschuppen von rechteckiger Grundform billiger als solche mit polygonalem Grundrisse, auch sind die ersteren wegen der geringeren Höhe im Winter billiger zu heizen. Die Grundrissanordnung wird bei diesen Schuppen zweckmässig nach Fig. 6, **Blatt 4** ausgeführt; eine von derselben etwas abweichende Einrichtung giebt Fig. 540, welche von Herrn Baurath Römer als sehr zweckmässig empfohlen wurde. Dieser Grundriss ist ebenfalls durch 2 Säulenreihen in 3 Schiffe eingetheilt, von je 16,33 Meter Weite, wobei in dem Mittelschiffe die Schiebebühne liegt. Die Geleise sind 4,71 Meter von Mitte zu Mitte und 3,14 Meter von der Mauer entfernt. Ueberdeckt werden diese rechteckigen Locomotivschuppen am zweckentsprechendsten mit Polonceau'schen Bindern nach Fig. 12, **Blatt 4**, jedoch mit dem Unterschiede, dass das mittlere Oberlicht nach Fig. 2, der bessern Dichtigkeit wegen unter etwa 45° gegen den Horizont geneigt wird.

Fig. 540.

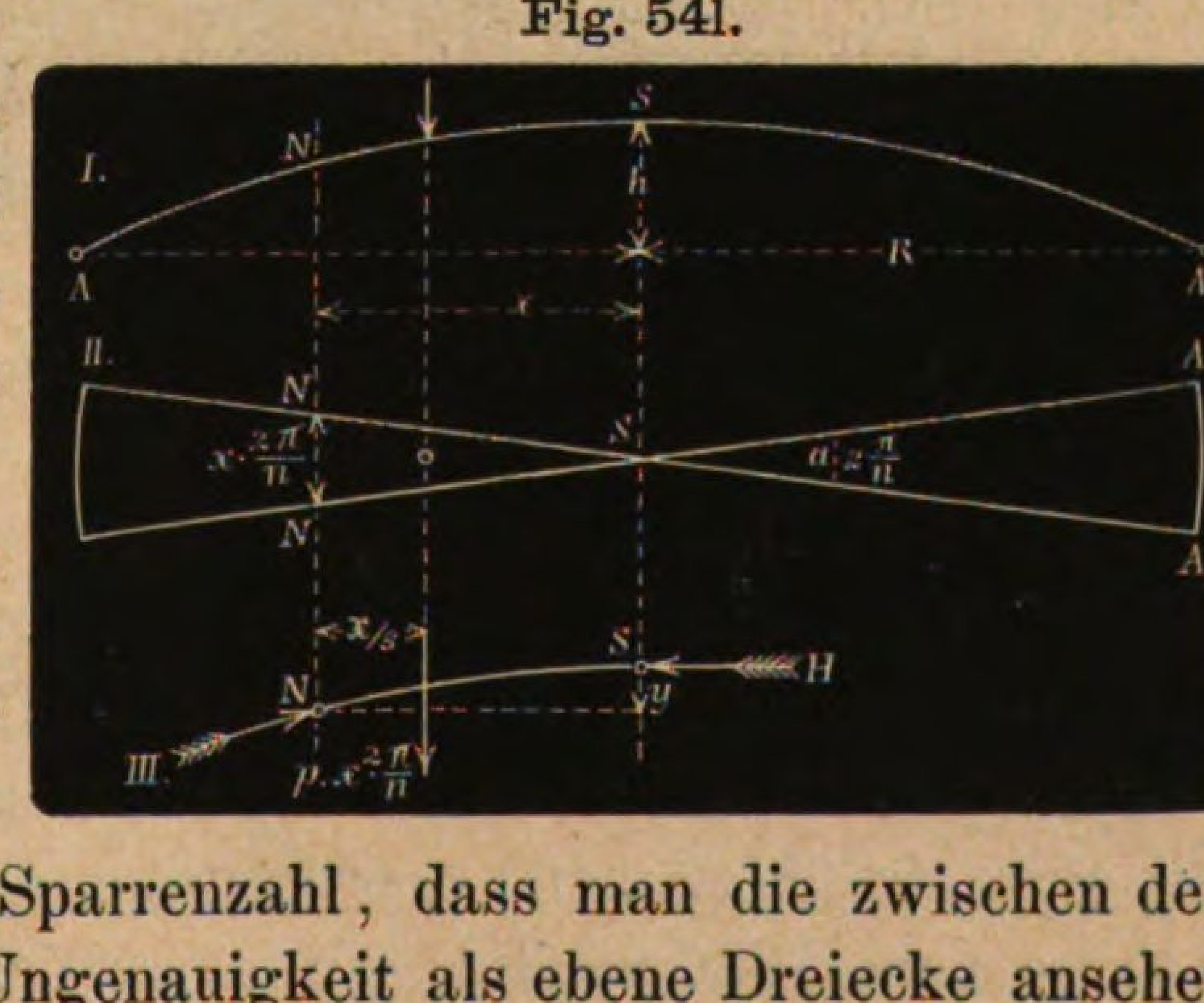


Bei grösseren Locomotivschuppen würde die Bewegung der Schiebebühne am besten durch eine kleine Dampfmaschine zu bewirken sein; bei kleineren durch eine Gasmaschine, indem Menschenkraft zu theuer wird. Wenn es wegen eines Bauplatzes wünschenswerth wird, dass die Ausfahrt nicht parallel zur Giebelseite des Schuppens zu liegen kommt, so kann man in einem Anbau eine Drehscheibe unterbringen, auf welche die Schiebebühne geschoben und mit umgedreht wird. Auf diese Weise lässt sich die Einfahrt beliebig anordnen.

§. 83. Statische Berechnung der Kuppeldächer.

Soll ein eisernes Kuppeldach mit dem geringsten Materialverbrauch construirt werden, so muss, wie schon erwähnt, die obere Begrenzungscurve der Sparren eine cubische Parabel sein, damit, wenn die Kuppel auf ihrer ganzen Oberfläche **gleichmässig** belastet ist, die Sparren nur in normaler Richtung zu ihren Querschnitten in Anspruch genommen sind, indem bei dieser Curve die Kräfte, welche in der Richtung der Parallelkreise der Kuppel wirken, gleich Null werden. Bei **gleichförmig** über die ganze Kuppel vertheilter Last wird also dann nur der untere auf Zug beanspruchte Fussring als Widerlager für die Sparren erforderlich, wozu bei Anordnung einer Laterne noch der auf Druck beanspruchte Laternenring hinzuträte. Wenn aber **einseitige** Belastungen der Kuppel vorkommen, so werden noch Zwischenringe nöthig, die sowohl Zug- wie Druckspannung aufzunehmen haben und desshalb gewöhnlich gegen Einknicken durch die mit ihnen verschraubten hölzernen Fetten ausgesteift werden. Die in jedem Felde zwischen den Sparren eingelegten Diagonalen machen die einzelnen Constructionstheile unverschiebbar gegen einander.

Fig. 541.



Dass die Sparren bei flachen Kuppeln am zweckmässigsten nach einer cubischen Parabel gekrümmt werden, findet man nach Dr. **Ritter** sehr einfach durch folgende Betrachtung. In Fig. 541 sei die Kuppel so flach und habe eine so grosse Sparrenzahl, dass man die zwischen den Sparren liegenden Flächentheile ohne zu grosse Ungenauigkeit als ebene Dreiecke ansehen

kann. Ist nun die Belastung über diese Dreiecke gleichförmig vertheilt, so kann man die Last jedes Dreieckes im Schwerpunkte desselben angreifend denken. Der Winkel a, Fig. 541 *II*, ist $\frac{2\pi}{n}$, wenn n die Anzahl der Sparren einer Kuppel bezeichnet, und die Fläche des Dreiecks SNN ist $x \cdot \frac{2\pi}{n} \cdot \frac{x}{2} = x^2 \cdot \frac{\pi}{n}$. Die Momentengleichung in Bezug auf den Drehpunkt N für das Sparrenstück SN, Fig. 541 *III*, ist, wenn man die pro Flächeneinheit über die Kuppel gleichförmig vertheilte Last p auf den Schwerpunkt des Dreiecks SNN reducirt denkt, der um $\frac{1}{3}x$ von N entfernt liegt:

$$H \cdot y = p \cdot x^2 \cdot \frac{\pi}{n} \cdot \frac{x}{3} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (246)$$

Es ist leicht einzusehen, dass diese Gleichung auch für das Stück SA Gültigkeit hat, für welches $x = R$ und $y = h$ wird; man hat also für dieses Stück, auf den Drehpunkt A bezogen, die Momentengleichung:

$$H \cdot h = p \cdot R^2 \cdot \frac{\pi}{n} \cdot \frac{R}{3} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (247)$$

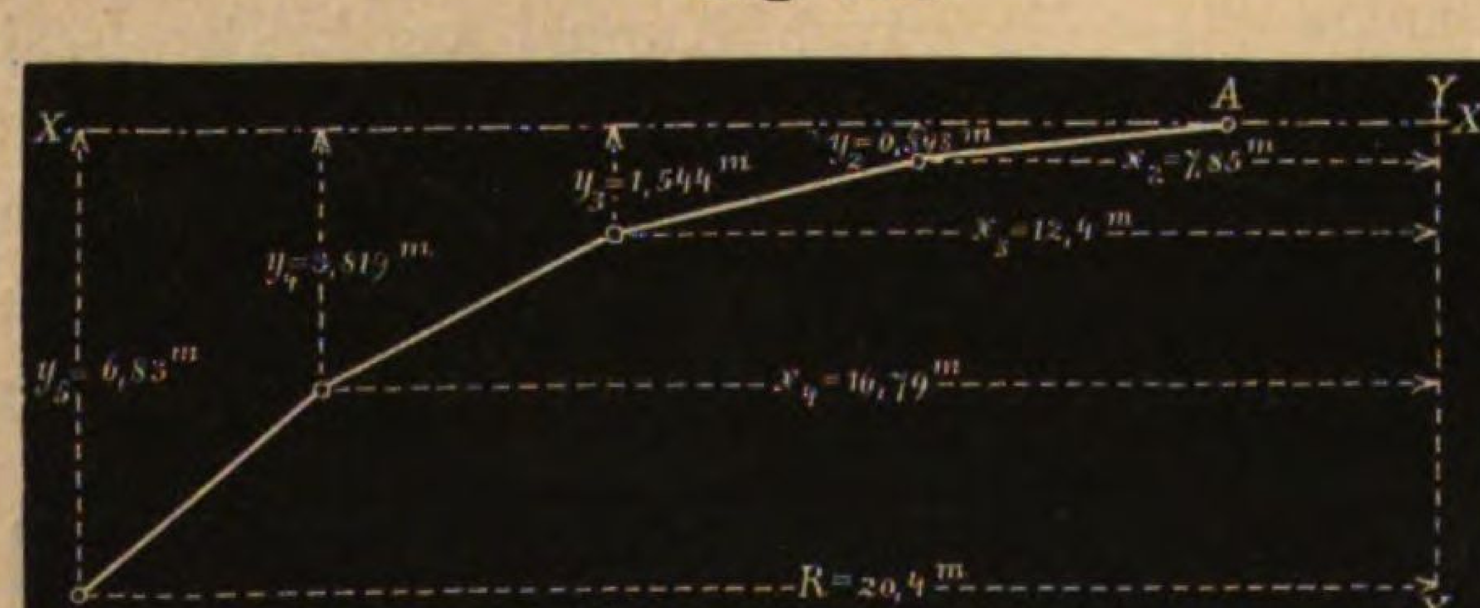
dividirt man (246) durch (247), so erhält man:

$$\frac{H \cdot y}{H \cdot h} = \frac{p \cdot x^2 \cdot \frac{\pi}{n} \cdot \frac{x}{3}}{p \cdot R^2 \cdot \frac{\pi}{n} \cdot \frac{R}{3}}, \text{ oder } \frac{y}{h} = \frac{x^3}{R^3}; \text{ oder auch } y = h\,\frac{x^3}{R^3} \quad \ldots \quad (248)$$

In der Nähe von S, Fig. 541 wird H sehr gross, wenn der Querschnitt der Kuppel eine cubische Parabel ist. Hier wird desshalb gewöhnlich eine Lichtöffnung mit belastetem Ringe angeordnet, gegen den sich die radialen Sparren stemmen, oder der mittlere Kuppeltheil wird nach der gemeinen Parabel von der Form $y = h\,\frac{x^2}{R^2}$ ausgeführt. In der Regel nimmt man bei flachen Kuppeldächern die Pfeilhöhe der cubischen Parabel $= \frac{1}{6}$, zuweilen auch nur $\frac{1}{8}$, und dann lässt sich aus dem Pfeilverhältniss die Curve der oberen Sparrengurtung leicht nach (248) construiren.

Beispiel 1. *Die Schwedler'sche Kuppel von* 40,8 *Meter Spannweite (S.* 258*) hat* 5 *Ringe, deren Radien nach einander* 3,14; 7,85; 12,4; 16,79; 20,4 *Meter betragen. Die cubische Parabel hat eine Pfeilhöhe von* $\frac{1}{6}$ *und ist* $h = y_5 = 6{,}83$ *Meter genommen, während* $R = 20{,}4$ *Meter ist. Setzt man in Formel* (248) *die Radien der Ringe für* x *als Abscissen ein, so erhält man die Ordinaten* y. *Für* $x_4 = 16{,}79$ *erhält man* $y_4 = h\,\frac{x^3}{R^3} = 6{,}83 \cdot \frac{16{,}79^3}{20{,}4^3} = 3{,}81$ *Meter. In derselben Weise findet man auch die übrigen Ordinaten.*

Fig. 542.



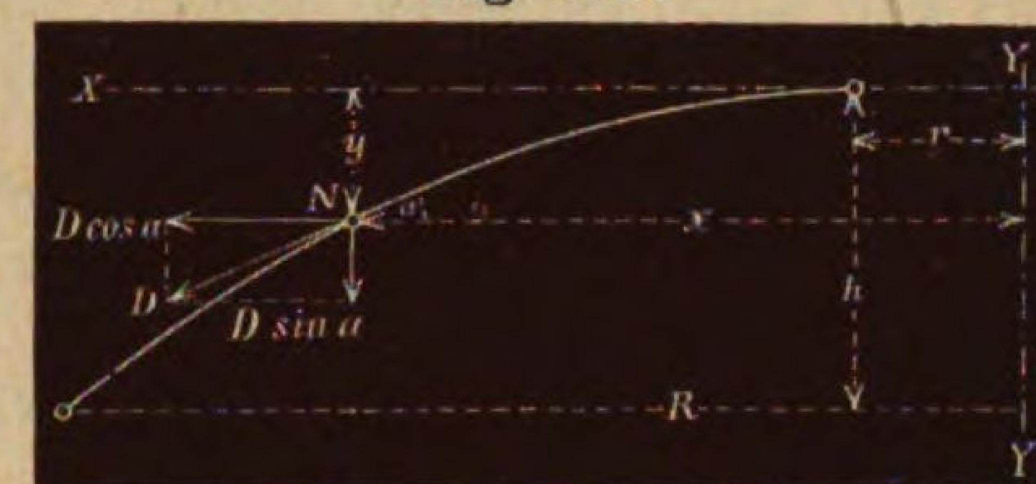
Für obige Kuppel waren die Ordinaten der 5 *Ringe* $y_1 = 0$; $y_2 = 0{,}393$ *Meter,* $y_3 = 1{,}544$ *Meter;* $y_4 = 3{,}819$ *Meter;* $y_5 = 6{,}83$; *hiernach ist die Curve in Fig.* 542 *aufgetragen, wobei die X-Axe im Scheitel der Curve, die Y-Axe in der Axe der Kuppel liegt. Streng genommen ist die Ordinate* y_1 *nicht gleich* 0, *doch fällt dieselbe so klein aus, dass sie unbedenklich gleich* 0 *gesetzt werden kann. Durch die* 5 *Punkte Fig.* 542 *ist die Curve der Sparrenoberkante hinreichend genau bestimmt, man kann aber auch leicht die Coordinaten für mehrere Punkte berechnen.*

Für den Materialverbrauch ist es zweckmässig, die einzelnen Constructionstheile von möglichst grossem Querschnitte anzuordnen, weil bei geringen Querschnitten mehr Material für Nietlöcherzusatz, Aussteifungen und Verbindungsstücken erforderlich wird. Die Zahl der Sparren ist daher so gering anzunehmen, wie es die Fetten, welche die Dachlast auf die Sparren übertragen, nur gestatten; 16 bis 24 Sparren sind für die gewöhnlich vorkommenden Fälle vollkommen ausreichend, wobei ausser dem Laternen- und Fussringe

noch 2 bis 4 Zwischenringe angeordnet werden. Bei gleichmässig vertheilter Belastung erleiden die nach einer cubischen Parabel gekrümmten Sparren der Kuppel nur eine Pressung normal zu ihren Querschnitten, die sich leicht berechnen lässt.

Sind nach Fig. 543 für irgend einen Punkt N der Sparrencurve x und y die Coordinaten und liegt die X-Axe im Scheitel der Curve, die Y-Axe in der Axe der Kuppel; bezeichnet ferner R den Radius des Fuss-, r den Radius des Laternenringes und h die Höhe der Kuppel, so zerlegt sich die tangentiale Kraft D in eine verticale Componente $D \,.\, \sin a$ und in eine horizontale Componente $D \,.\, \cos a$. Man hat also im Gleichgewichtszustande, wenn Q die Belastung des Sparrens im Punkte N, und H den Horizontalschub des Sparrens bezeichnet:

Fig. 543.



$$D \,.\, \sin a = Q; \text{ und } D \,.\, \cos a = H \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (249)$$

Es seien nun bei der Kuppel mit 5 Ringen:

n die Anzahl der Sparren;

r_1, r_2, r_3, r_4, r_5 die Radien der Ringe und zugleich die Abscissen für die Eckpunkte des Sparrenpolygons;

y_1, y_2, y_3, y_4, y_5 die zu den Abscissen gehörigen Ordinaten;

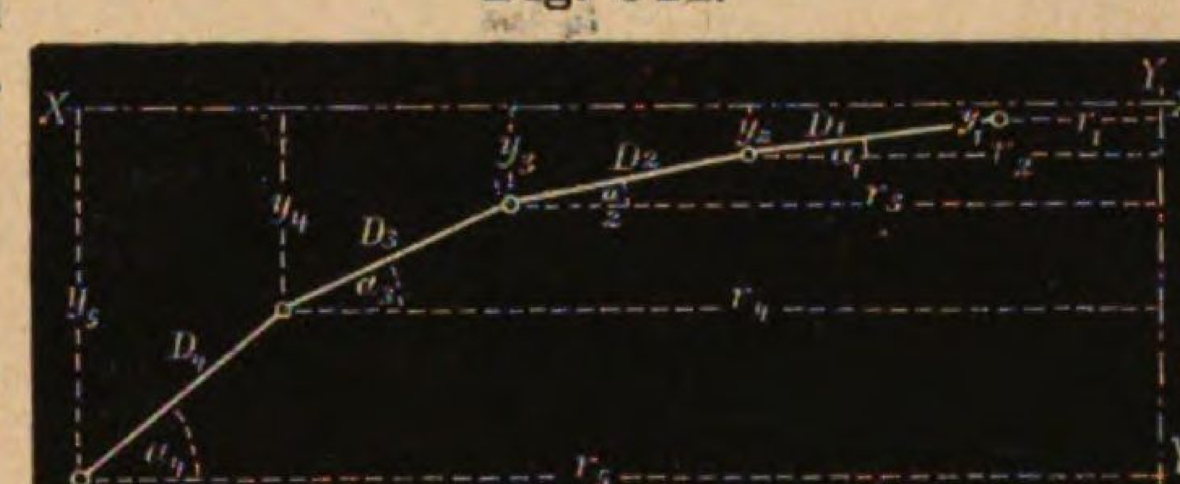
a_1, a_2, a_3, a_4 die Neigungswinkel der Sparrentheile mit den Abscissen;

D_1, D_2, D_3, D_4 die Pressungen in den Polygonseiten eines der n Sparren;

P_1, P_2, P_3, P_4 die Gewichte der einzelnen Zonen im unbelasteten Zustande;

Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 die Maximalgewichte dieser Zonen im belasteten Zustande, so ergeben sich (nach **Schwedler**) folgende Gleichungen zur Berechnung von D:

Fig. 544.



$$\left.\begin{array}{l} n\, D_1 \sin a_1 = Q_1 \\ n\, D_2 \sin a_2 = Q_1 + Q_2 \\ n\, D_3 \sin a_3 = Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ n\, D_4 \sin a_4 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \end{array}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad (250)$$

oder:

$$D_1 = \frac{Q_1}{n \sin a_1}; \; D_2 = \frac{Q_1 + Q_2}{n \sin a_2}; \; D_3 = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{n \sin a_3}; \; D_4 = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}{n \sin a_4} \,. \quad (251)$$

Nach diesen Formeln lässt sich auch die Form der Sparrencurve ändern, wenn man beabsichtigt, dass der Normaldruck D in den Sparren nach ihrer ganzen Länge überall gleich gross sein soll, man hat für die Winkel dann die Gleichungen $\sin a_1 = \frac{Q_1}{n D}$. . . bis $\sin a_4 = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}{n D}$. Die Formeln (251) ergeben den Sparrendruck im **belasteten** Zustande der Kuppel, D (max); will man D (min), also den Sparrendruck im **unbelasteten** Zustande der Kuppel haben, so würde man in (251) P statt Q einsetzen müssen. Zur Ermittelung der Querschnittdimensionen stellt **Schwedler** das Eigengewicht der Kuppeldächer bei Pappeindeckung mit $p = 71$ Kilogr. und die zufällige Belastung mit 101 Kilogr., zusammen mit $q = 172$ Kilogr. pro □Meter Grundfläche in Rechnung.

Beispiel 2. *Bei der Kuppel des* 1. *Beispiels ist der Laternenring durch die Laterne mit* 40 *Ctr. und ausserdem durch die Dachfläche der Laterne belastet, deren Radius* $r = 5{,}5$ *Meter und deren Grundfläche* $= r^2 \,.\, \pi$ *ist. Der Laternenring trägt also an:*

$$\textit{Eigengewicht } 40 + \frac{5{,}5^2 \cdot \pi \cdot 71}{50} = 174{,}75 \textit{ Ctr.} = P_1$$

$$\textit{zufälliger Last } \quad \frac{5{,}5^2 \cdot \pi \cdot 101}{50} = 192{,}95 \textit{ Ctr.}$$

$$\textit{Maximallast} = 367{,}7 \textit{ Ctr.} \;= Q_1$$

Da von den Sparrentheilen zwischen 2 *Knotenpunkten die Dachlast zur einen Hälfte auf dem oberen, zur anderen Hälfte auf den untern Knotenpunkt der Construction übertragen wird, so kommt auf den* 1. *und* 2. *Ring zusammen eine Dachfläche von:*

$$7{,}85 + \frac{12{,}4 - 7{,}85}{2} = 10{,}125 \text{ Meter Radius,}$$

hier hat man daher an:

$$\text{Eigengewicht } 40 + \frac{10{,}125^2 \cdot \pi \cdot 71}{50} = 467{,}6 \text{ Ctr.} = P_1 + P_2$$

$$\text{zufälliger Last } \frac{10{,}125^2 \cdot \pi \cdot 101}{50} = 653{,}7 \text{ Ctr.}$$

$$\text{Maximallast } = 1151{,}3 \text{ Ctr.} = Q_1 + Q_2$$

Der 1., 2. *und* 3. *Ring trägt zusammengenommen an:*

$$\text{Eigengewicht } 40 + \frac{14{,}6^2 \cdot \pi \cdot 71}{50} = 991{,}3 \text{ Ctr.} = P_1 + P_2 + P_3$$

$$\text{zufälliger Last } \frac{14{,}6^2 \cdot \pi \cdot 101}{50} = 1359{,}0 \text{ Ctr.}$$

$$\text{Maximallast } = 2350{,}3 \text{ Ctr.} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Der 1., 2., 3. *und* 4. *Ring trägt zusammen an:*

$$\text{Eigengewicht } 40 + \frac{18{,}59^2 \pi \cdot 71}{50} = 1584{,}6 \text{ Ctr.} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$

$$\text{zufälliger Last } \frac{18{,}59^2 \pi \cdot 101}{50} = 2206{,}6 \text{ Ctr.}$$

$$\text{Maximallast } = 3791{,}2 \text{ Ctr.} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

Aus den Coordinaten Fig. 542 *lassen sich die Winkel* a_1 *bis* a_4 *leicht berechnen, es ist:*

$$\text{cotg. } a_1 = \frac{7{,}85 - 3{,}14}{0{,}393} = 12 \quad \begin{cases} \sin a_1 = 0{,}084 \\ \cos a_1 = 0{,}996 \end{cases}$$

$$\text{cotg. } a_2 = \frac{12{,}4 - 7{,}85}{1{,}544 - 0{,}393} = 3{,}953 \quad \begin{cases} \sin a_2 = 0{,}245 \\ \cos a_2 = 0{,}969 \end{cases}$$

$$\text{cotg. } a_3 = \frac{16{,}79 - 12{,}4}{3{,}819 - 1{,}544} = 1{,}93 \quad \begin{cases} \sin a_3 = 0{,}458 \\ \cos a_3 = 0{,}888 \end{cases}$$

$$\text{cotg. } a_4 = \frac{20{,}4 - 16{,}79}{6{,}83 - 3{,}819} = 1{,}2 \quad \begin{cases} \sin a_4 = 0{,}639 \\ \cos a_4 = 0{,}769 \end{cases}$$

Da dieses Kuppeldach $n = 24$ *Sparren hat, so wird nach Fig.* 544 *und nach Formel* (251), *wenn man die berechneten Werthe von* P *resp.* Q *und* $\sin a$ *einsetzt:*

$$D_1 \,(max) = \frac{Q_1}{n \cdot \sin a_1} = \frac{367{,}7}{24 \cdot 0{,}084} = 182 \text{ Ctr. und } D_1 \,(min) = \frac{P_1}{n \cdot \sin a_1} = \frac{174{,}75}{24 \cdot 0{,}084} = 87 \text{ Ctr.}$$

$$D_2 \,(max) = \frac{1151{,}3}{24 \cdot 0{,}245} = 196 \text{ Ctr. und } D_2 \,(min) = \frac{467{,}6}{24 \cdot 0{,}245} = 80 \text{ Ctr.}$$

$$D_3 \,(max) = \frac{2350{,}3}{24 \cdot 0{,}458} = 213 \text{ Ctr. und } D_3 \,(min) = \frac{991{,}3}{24 \cdot 0{,}458} = 90 \text{ Ctr.}$$

$$D_4 \,(max) = \frac{3791{,}2}{24 \cdot 0{,}639} = 247 \text{ Ctr. und } D_4 \,(min) = \frac{1584{,}6}{24 \cdot 0{,}639} = 103 \text{ Ctr.}$$

Hiernach ist die obere Gurtung der Sparren im Felde D_1 *und* D_2 *aus* 2 *Winkeleisen von à* 5,9 × 0,8 *Centim. Schenkelstärke, die zusammen* 18,5 □ *Centim. Querschnitt haben, gebildet. Im Felde* D_3 *aus* 2 *Winkeleisen à* 6,5 × 1 *Centim. stark, von zusammen* 24 □ *Centim. Querschnitt und im Felde* D_4 *aus* 2 *Winkeleisen, à* 7,8 × 1 *Centim. stark, mit zusammen* 28,7 □ *Centim. Querschnitt. Die grösste zulässige Beanspruchung des Schmiedeeisens ist zu* 730 *Kilogr. pro* □ *Centim. Querschnitt angenommen worden, demnach wären für die grösste Pressung* D_4 *nur* $\frac{50 \cdot 247}{730} = 17$ □ *Centim. Querschnitt erforderlich gewesen. Da aber die Sparrentheile zwischen den Knotenpunkten als Balken auf Biegung beansprucht werden, so musste der Querschnitt dementsprechend vergrössert werden.*

Selbst bei den grössten Kuppelconstructionen haben die Sparren nur einen geringen Druck auszuhalten; aus diesem Grunde werden sie meistens aus 2 Winkeleisen mit geringen Schenkelstärken hergestellt, deren Querschnitt in Maximo eine Belastung von 700 bis 800 Kilogr. pro □ Centim. erhält. Mit den Sparren werden kleine Balken combinirt, deren Steg bei Kuppeln bis 30 Meter Spannweite aus 6 Millim. starkem Bleche besteht und haben diese Balken 18 bis 24 Centim. Höhe bei 3,7 bis 4,7 Meter Länge. Kuppeln von grösserer Spannweite erhalten zweckmässig Gitterbalken mit untern Gurtungen aus doppeltem Winkel- oder Flacheisen.

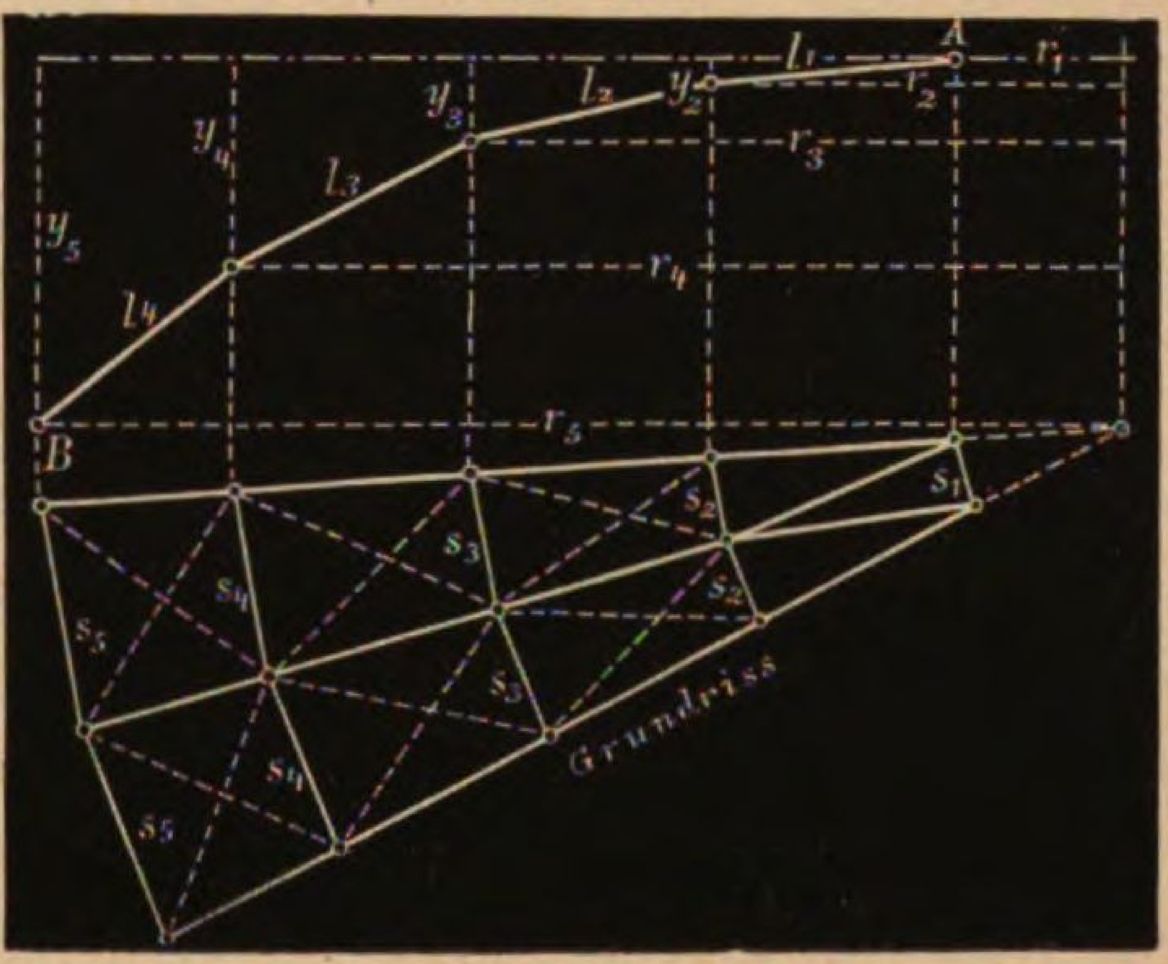
Der in den Sparren herrschende Druck übt unter Umständen auf den Balken Einfluss aus. Wenn nämlich der Balken zwischen 2 Ringen geradlinig geformt ist, so überträgt er unter allen Umständen das Eigengewicht und die Belastung auf die Knotenpunkte. Ist aber der Sparren nach der cubischen Parabel oder in anderer Weise gekrümmt, so überträgt der Sparren allein jede gleichförmig über die ganze Kuppel vertheilte Last und der Balken kommt nur bei ungleichförmig vertheilter Last in Thätigkeit. Ist ein Sparrentheil **nicht** belastet, die ganze Kuppel aber belastet, so wird der unbelastete Balken nach **oben** gebogen, wenn dagegen die Kuppel **unbelastet**, der betreffende Sparrentheil aber belastet ist, so muss eine Einbiegung des Balkens nach **unten** stattfinden.

Soll die untere Gurtung der Balken nie gedrückt werden, sondern soll nur Einbiegung nach unten vorkommen, so muss der Sparren zwischen den Knotenpunkten **geringer** gekrümmt sein, als dies die cubische Parabel ergiebt, und zwar in dem Verhältniss von $q : p$, wenn p das Eigengewicht und q das Eigengewicht und die zufällige Last pro Flächeneinheit bezeichnet, oder der Pfeil f muss in diesem Verhältniss ermässigt werden, weil bei demselben Druck D im Sparren, das Tragvermögen proportional dem Curvenpfeil ist (vergl. S. 91) nach dem Gesetze des parabolischen Bogens:

$$D = \frac{pl^2}{8f_1} = \frac{ql^2}{8f}, \text{ mithin } f_1 = f\frac{p}{q} \quad (252)$$

wenn l die Länge des Balkens ist.

Fig. 545.



Aus den Radien r und den Ordinaten y lassen sich leicht die Polygonseiten der Sparren oder die Balkenlängen l bestimmen. Die Längen s der Polygonseiten von den Ringen findet man, wenn r den Radius des umschriebenen Kreises und n die Zahl der Seiten bezeichnet, aus den folgenden Verhältnissen. Es ist für:

$$\left.\begin{array}{lllllllllll} n = & 8; & 10; & 12; & 14; & 16; & 18; & 20; & 22; & 24; & 30. \\ \frac{s}{r} = & 0{,}765; & 0{,}618; & 0{,}518; & 0{,}445; & 0{,}39; & 0{,}347; & 0{,}312; & 0{,}284; & 0{,}261; & 0{,}209. \end{array}\right\} \quad (253)$$

Für die Balkenlängen der Sparrentheile hat man:

$$l_1 = \frac{r_2 - r_1}{\cos a_1};\; l_2 = \frac{r_3 - r_2}{\cos a_2};\; l_3 = \frac{r_4 - r_3}{\cos a_3};\; l_4 = \frac{r_5 - r_4}{\cos a_4} \quad \ldots \quad (254)$$

Die zufällige Last R welche ein Sparrentheil erhalten kann ist:

$$R = (q - p)\, l\, \frac{s + s_1}{2} \quad \ldots \quad (255)$$

und daher das Biegungsmoment (nach Formel (35) S. 40):

$$M = W \,.\, k = \frac{R \,.\, l}{8} \quad \ldots \quad (256)$$

Besteht der Balken einfach aus Blech von der Dicke b und der Höhe h, so ist:

$$\frac{R \,.\, l}{8} = k\frac{bh^2}{6} \quad \ldots \quad (257)$$

Beispiel 3. *Die Sparrentheile der in den beiden vorhergehenden Beispielen erwähnten Kuppel haben in Bezug auf Fig.* 545 *nach Formel* (254) *die Längen:*

$$l_1 = \frac{7{,}85 - 3{,}14}{9{,}996} = 4{,}73 \text{ Meter};\; l_2 = \frac{12{,}4 - 7{,}85}{0{,}969} = 4{,}7 \text{ Meter};$$

$$l_3 = \frac{16{,}79 - 12{,}4}{0{,}888} = 4{,}9 \text{ Meter};\; l_4 = \frac{20{,}4 - 16{,}79}{0{,}769} = 4{,}7 \text{ Meter};$$

Die Längen s der Polygonseiten von den Ringen sind nach (253), *da* s_1 *einem* 12-*Eck*, s_2 *bis* s_5 *einem* 24-*Eck angehören:*

$\frac{s_1}{r_1} = 0{,}518$, *mithin* $s_1 = 3{,}14 \cdot 0{,}518 = 1{,}63$ *Meter*; $\frac{s_2}{r_2} = 0{,}261$, *also* $s_2 = 7{,}85 \,.\, 0{,}261 = 2{,}05$ *Meter*; $s_3 = 12{,}4 \,.\, 0{,}261 = 3{,}27$ *Meter*; $s_4 = 16{,}79 \,.\, 0{,}261 = 4{,}38$ *Meter*; $s_5 = 20{,}4 \,.\, 0{,}261 = 5{,}32$ *Meter.*

Ist ein Sparrentheil allein im Maximo mit q, die übrige Kuppel im Minimo mit p pro □Meter belastet, so findet man die Last R, welche ein Balken zu übertragen hat, nach (255), *indem die Fläche eines trapezförmigen Feldes zwischen den Sparren- und Ringtheilen* $l\frac{s+s_1}{2}$ *ist. Im obersten Felde erhalten die Balken, wie Fig.* 545 *zeigt, eine ziemlich geringe Last zu übertragen, da die Last der Laterne in den Knotenpunkten der Construction angreift und daher allein von den Sparren übertragen wird; im* 2. *Felde ist:*

$$R_2 = (q-p)\, l_2 \frac{s_2+s_3}{2} = (172-71)\; 4{,}7\; \frac{2{,}05+3{,}27}{2} = 1262 \textit{ Kilogr.} = 25{,}2 \textit{ Ctr.}$$

im 3. *und* 4. *Felde*:

$$R_3 = \frac{101}{50}\, 4{,}9\, \frac{3{,}27+4{,}38}{2} = 37{,}8 \textit{ Ctr.};\; R_4 = \frac{101}{50} \cdot 4{,}7\, \frac{4{,}38+5{,}32}{2} = 46 \textit{ Ctr.}$$

Die Balken haben eine Höhe $H = 23{,}5$ *Centim.; bezeichnet man die in der Gurtung durch die Belastung hervorgerufene Spannung mit X und berücksichtigt Formel* (135) *S.* 90, *so findet man diese Spannungen* $X = \frac{R \cdot l}{8 \cdot H}$. *Setzt man die vorstehenden Werthe von R, l und H in diese Gleichung ein, so ergiebt dieselbe:*

$$X_2 = \frac{R_2 \cdot l_2}{8 \cdot H} = \frac{25{,}2 \cdot 470}{8 \cdot 23{,}5} = 63 \textit{ Ctr.};\; X_3 = \frac{37{,}8 \cdot 490}{8 \cdot 23{,}5} = 98 \textit{ Ctr.}$$

$$X_4 = \frac{46 \cdot 470}{8 \cdot 23{,}5} = 115 \textit{ Ctr.}$$

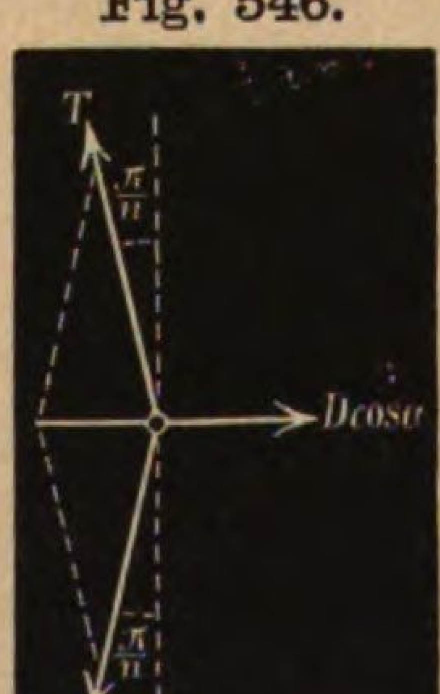
Nach diesen Spannungen ist der Querschnitt der unteren Trägergurtung zu bestimmen. Für die beiden oberen Zonen dieser Kuppel ist die untere Gurtung aus 2 *Flacheisen, à* 52 × 6,5 *Millim. gebildet, die nach Abzug eines* 13 *Millim. starken Nietloches noch* 5,07 □*Centim. Netto-Querschnitt haben; in der folgenden Zone sind* 2 *Flacheisen à* 52 × 10 *Millim., von zusammen* 7,8 □*Centim. Netto-Querschnitt, und in der untersten Zone* 2 *solche, à* 59 × 10 *Millim., mit* 9,2 □*Centim. Netto-Querschnitt gewählt. In den Sparren, als obere Gurtung der Balken, tritt X als Druckspannung auf und muss daher zu den Pressungen D (max) addirt werden; es ist also:*

$$D_2\,(max) + X_2 = 196 + 63 = 259 \textit{ Ctr.}$$
$$D_3\,(max) + X_3 = 213 + 98 = 311 \;»$$
$$D_4\,(max) + X_4 = 247 + 115 = 362 \;»$$

Entsprechend diesen Pressungen haben die Winkeleisen der Sparren in den beiden obersten Zonen 18,5 □*Centim., in der folgenden Zone* 24 □*Centim. und in der untersten Zone* 28,7 □*Centim. Querschnitt erhalten.*

Nach Formel (249) ist der Horizontalschub der Sparren $H = D \cdot \cos a$; diese Resultante lässt sich nach Fig. 546 in 2 Componenten T zerlegen und es ist für einen n seitigen polygonalen Ring:

Fig. 546.



$$2\, T \cdot \sin \pi/n = D \cdot \cos a \text{ oder } T = \frac{D \cdot \cos a}{2 \sin \pi/n}.$$

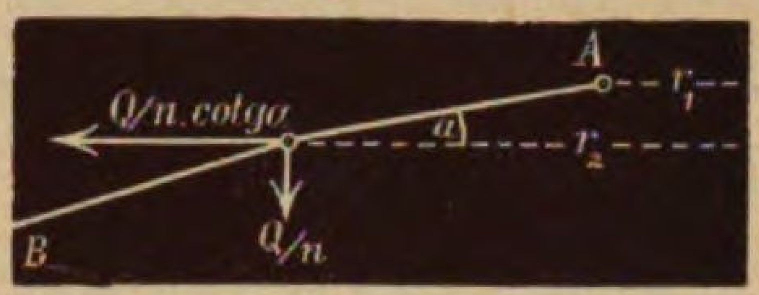
Bezeichnen also T_1 bis T_5 die Spannungen der Ringe einer Kuppel, so erhält man für den Fussring und für den Laternenring die ihr Maximum bei voller Belastung erreichen die Gleichungen:

$$\left.\begin{array}{ll} 2\, T_5 \cdot \sin \pi/n = D_4 \cdot \cos a_4, \text{ oder } T_5 = \dfrac{D_4 \cdot \cos a_4}{2 \sin \pi/n} & \text{Zug} \\ 2\, T_1 \cdot \sin \pi/n = D_1 \cdot \cos a_1, \text{ oder } T_1 = \dfrac{D_1 \cdot \cos a_1}{2 \sin \pi/n} & \text{Druck} \end{array}\right\} . \quad (258)$$

Zur Berechnung der Spannungen in den Zwischenringen denke man sich die Kuppel in 2 gleichförmig belastete Kuppeln zerlegt. Die eine ausserhalb des fraglichen Ringes liegende Kuppel mit der Lichtöffnung, in welcher der Ring als Laternenring, durch die innere Kuppel vertical belastet, auftritt, die andere innerhalb des Ringes, in welcher der fragliche Ring der Fussring ist. Da nun einmal die betreffende Ringspannung als Druck und einmal als Zug gefunden werden kann, so giebt die Differenz die Maximalspannung für die einheitliche Kuppel, je nachdem die äussere oder innere Kuppel belastet und die andere unbelastet gedacht wird, erhält man das Max. oder Min. der Spannung. Sind die Sparren nach der cubischen Parabel gekrümmt, so ist die Spannung in den Zwischen-

ringen bei vollständiger Kuppelbelastung gleich Null und die Grenzen der Ringspannung sind abwechselnd Zug- und Druckspannungen. Betrachtet man in Fig. 547 den Ring r_2 als Fussring der innern **belasteten** Kuppelzone, deren Gewicht im belasteten Zustande Q_1 ist, so kommt auf jeden der n Sparren die Last Q_1/n und es ist dessen Horizontalschub $H = Q_1/n \cdot cotg\ a_1$; demnach ist die Spannung des Ringes nach (258):

Fig. 547.



$$t = \frac{D_1 \cos a_1}{2 \sin \pi/n} = \frac{Q_1\, cotg\, a_1}{2 n \sin \pi/n} \text{ Zug.}$$

Betrachtet man denselben Ring als Laternenring der äussern **unbelasteten** Kuppel, so ist seine Spannung:

$$t' = \frac{D_2 \cos a_2}{2 \sin \pi/n} = \frac{(Q_1 + P_2)\, cotg\, a_2}{2 n \sin \pi/n} \text{ Druck.}$$

Die Differenz $t - t'$ giebt die Maximalspannung des Ringes r_2, es ist also:

$$T_2 \text{ (max)} = t - t' = \frac{Q_1\, cotg\, a_1 - (Q_1 + P_2)\, cotg\, a_2}{2 n \sin \pi/n} \text{ Zug} \quad . \ . \ . \ . \quad (259)$$

Bei entgegengesetzter Belastungsweise, wo also die äussere Zone **belastet**, die innere aber **unbelastet** ist, findet man das Minimum der Spannung; es ist daher:

$$T_2 \text{ (min)} = \frac{P_1\, cotg\, a_1 - (P_1 + Q_2)\, cotg\, a_2}{2 n \sin \pi/n} \text{ Druck} \quad . \ . \ . \ . \ . \quad (260)$$

In derselben Weise ergeben sich auch die Formeln:

$$\left.\begin{aligned} T_3 \text{ (max)} &= \frac{(Q_1 + Q_2)\, cotg\, a_2 - (Q_1 + Q_2 + P_3)\, cotg\, a_3}{2 n \sin \pi/n} \text{ Zug,} \\ T_3 \text{ (min)} &= \frac{(P_1 + P_2)\, cotg\, a_2 - (P_1 + P_2 + Q_3)\, cotg\, a_3}{2 n \sin \pi/n} \text{ Druck.} \end{aligned}\right\} \quad . \ . \ . \quad (261)$$

$$\left.\begin{aligned} T_4 \text{ (max)} &= \frac{(Q_1 + Q_2 + Q_3)\, cotg\, a_3 - (Q_1 + Q_2 + Q_3 + P_4)\, cotg\, a_4}{2 n \sin \pi/n} \text{ Zug,} \\ T_4 \text{ (min)} &= \frac{(P_1 + P_2 + P_3)\, cotg\, a_3 - (P_1 + P_2 + P_3 + Q_4)\, cotg\, a_4}{2 n \sin \pi/n} \text{ Druck.} \end{aligned}\right\} \quad . \ . \quad (262)$$

Beispiel 4. *Die Ringspannungen der in den 3 vorstehenden Beispielen angeführten Kuppel sind die Folgenden: für den Laternenring ist* $2 \sin \pi/n = 2 \sin {}^{180}/_{12} = 2 \sin 15^0 = 0{,}5176$; D_1 *(max)* $= 182$ *Ctr.*; D_1 *(min)* $= 87$ *Ctr.*; $\cos a_1 = 0{,}996$. *Werden diese Zahlenwerthe in Formel* (258) *eingesetzt, und wird berücksichtigt, dass auf jeder Ecke des* 12-*eckigen Laternenringes* 2 *Sparren angreifen, so ist:*

$$T_1 \text{ (max)} = \frac{2 D_1 \text{ (max)} \cos a_1}{2 \sin \pi/n} = \frac{2 \cdot 182 \cdot 0{,}996}{0{,}5176} = 701 \text{ Ctr. Druck.}$$

$$T_1 \text{ (min)} = \frac{2 D_1 \text{ (min)} \cos a_1}{2 \sin \pi/n} = \frac{2 \cdot 87 \cdot 0{,}996}{0{,}5176} = 335 \text{ Ctr. Druck.}$$

Für den Fussring hat man $2 \sin \pi/n = 2 \sin {}^{180}/_{24} = 2 \sin 7^1/_2{}^0 = 0{,}261$; D_4 *(max)* $= 247$ *Ctr.*; D_4 *(min)* $= 103$ *Ctr. und* $\cos a_4 = 0{,}769$; *folglich nach Formel* (258):

$$T_5 \text{ (max)} = \frac{247 \cdot 0{,}769}{0{,}261} = 730 \text{ Ctr. Zug; } T_5 \text{ (min)} = \frac{103 \cdot 0{,}769}{0{,}261} = 304 \text{ Ctr. Zug.}$$

Der grössten Zugkraft von 730 *Ctr. entsprechend hat der Fussring* 48 □*Centim. Netto-Querschnitt erhalten, er wird daher in Maximo mit* 760 *Kilogr. pro* □*Centim. beansprucht. Zur Berechnung der Kräfte in den Zwischenringen hat man nach S.* 267 *die abgerundeten Daten:* $P_1 = 175$ *Ctr.*; $P_2 = 293$ *Ctr.*; $P_3 = 524$ *Ctr.*; $P_4 = 593$ *Ctr.*; $Q_1 = 368$ *Ctr.*; $Q_2 = 784$ *Ctr.*; $Q_3 = 1199$ *Ctr.*; $Q_4 = 1441$ *Ctr.*; $cotg\ a_1 = 12$, $cotg\ a_2 = 3{,}953$, $cotg\ a_3 = 1{,}93$, $cotg\ a_4 = 1{,}2$; $2 n \sin \pi/n = 2 \cdot 24 \sin {}^{180}/_{24} = 48 \sin 7^1/_2{}^0 = 6{,}261$ *und* $\frac{1}{6{,}264} = 0{,}16$. *Diese Zahlenwerthe in die Formel* (258) *bis* (262) *eingesetzt, ergeben*:

$$T_2 \text{ (max)} = 0{,}16\ [368 \cdot 12 - (368 + 293)\ 3{,}953] = 288 \text{ Ctr. Zug,}$$
$$T_2 \text{ (min)} = 0{,}16\ [175 \cdot 12 - (175 + 784)\ 3{,}953] = 271 \text{ Ctr. Druck.}$$
$$T_3 \text{ (max)} = 0{,}16\ [(368 + 784)\ 3{,}953 - (368 + 784 + 524)\ 1{,}93 = 195 \text{ Ctr. Zug,}$$
$$T_3 \text{ (min)} = 0{,}16\ [(175 + 293)\ 3{,}953 - (175 + 293 + 1199)\ 1{,}93 = 218 \text{ Ctr. Druck.}$$
$$T_4 \text{ (max)} = 0{,}16\ [2350 \cdot 1{,}93 - (2350 + 593)\ 1{,}2] = 161 \text{ Ctr. Zug,}$$
$$T_4 \text{ (min)} = 0{,}16\ [991 \cdot 1{,}93 - (991 + 1441)\ 1{,}2] = 161 \text{ Ctr. Druck.}$$

Die 3 Zwischenringe bestehen aus einem Winkeleisen von 92 × 13 Millim. Schenkelstärke; sie haben je 22,2 □Centim. Brutto- oder 18,8 □Centim. Netto-Querschnitt. Für sich allein sind die Ringe also nicht im Stande die berechneten Druckspannungen T (min) aufzunehmen, sondern sie müssen zwischen den Knotenpunkten zur Vermeidung des Einknickens mit einer hölzernen Fette durch Schraubenbolzen verbunden werden.

Eine genaue Berechnung der Kräfte in den Diagonalen ist entbehrlich, man nimmt deren Durchmesser bei Kuppeln bis 45 Meter Spannweite nicht über 2,6 Centim. Die Diagonalen dürften in den meisten Fällen gar nicht nöthig sein, da das Kuppeldach durch die Fetten und Schaalung sehr steif wird und eine Verschiebung der Theile nicht leicht zu befürchten ist.

VI. Dacheindeckungen.

§. 84. Zinkblech- und Zinkguss-Eindeckungen.

Bei den grossartigen Bauten der Neuzeit hat das Zink als Dachdeckungsmaterial ausgedehnte Anwendung gefunden. Die Zinkbedachungen sind zwar etwas theurer als Schieferdächer, doch scheinen dieselben auch dauerhafter zu sein, denn es sind Zinkdächer vorhanden, welche im Jahre 1820 ausgeführt wurden und noch keiner Reparatur bedurften. Wenn das Zinkblech der Luft ausgesetzt ist, so bildet sich auf der Oberfläche desselben ein leichter Oxyd-Ueberzug, der im Wasser nicht löslich ist und der den Zutritt des Sauerstoffes der Luft und des Wassers zum Zink verhindert und daher dasselbe vor dem **Zerfressen** bewahrt. Auch spricht der Umstand zu Gunsten des Zinkdaches, dass das alte Zink ca. 45 % des Originalwerthes behält.

Das Zink übt nicht, wie das Kupfer und Blei, gesundheitsschädliche Einwirkungen auf das Wasser aus, denn das Zinkoxyd ist im Wasser unlöslich, und daher kann das von den Zinkdächern aufgefangene Regenwasser ohne Bedenken für die Gesundheit zu allen Zwecken verwendet werden. Bei Feuersbrünsten ist eine Zinkbedachung ungefährlich, denn wenn das Zink rothglühend wird, oxydirt es an der Luft und löst sich als Zinkweiss in weisse Flocken auf. Da aber das Zink schon bei 380 Grad Celsius flüssig wird, so muss es bei einem stärkeren Brande bald schmelzen und in die unteren Theile des brennenden Gebäudes fliessen.

Die Gesellschaft **Vieille Montagne** in Belgien (Station **Chênée**) liefert durch ihren Generalagenten für Deutschland Herrn **C. Aragon** in Cöln a/Rhein glatte und gewellte Zinkbleche und zwar die für den Handel gewalzten **glatten** Zinktafeln in 3 Dimensionen von 94 Centim., 81 Centim. und 65 Centim. Breite bei 1,96 Meter Länge. Die Nummern dieser Bleche, ihre Dicke und ihr Gewicht pro □Meter giebt die nebenstehende Tabelle. In der Regel werden die glatten Zinkblechtafeln nur nach dem **belgischen Leistensystem** auf 2,5 bis 3 Centim. starker Schaalung eingedeckt. Die Höhe dieser Dächer kann zwischen den Grenzen $^1/_{12}$ und $^1/_6$ der Gebäudetiefe und das Eigengewicht der gänzen Dachconstruction zu 40 bis 42 Kilogr. pro □Meter geneigter Dachfläche angenommen werden.

Nummer der Tafeln. Belgisches Caliber.	Stärke der Tafeln in Millim.	Gewicht pro 1 □Meter in Kilogr.
9	0,476	3,33
10	0,570	3,99
11	0,664	4,65
12	0,758	5,31
13	0,853	5,97
14	0,947	6,63
15	1,041	7,29
16	1,135	7,95
17	1,324	9,27
18	1,513	10,59
19	1,701	11,91
20	1,890	13,23
21	2,079	14,55
22	2,267	15,87
23	2,456	17,19
24	2,644	18,51
25	2,833	19,83
26	3,021	21,15

Bei der Eindeckung des Zinkblechs werden ca. 5 Centim. starke, rechteckige Holzleisten oder Latten vom First nach der Dachrinne laufend, auf die Schaalung genagelt und dienen diese Leisten zur Bildung

der Stossverbindungen an den Zinkblechtafeln. Alle Tafeln müssen sich, der Temperatur entsprechend, frei ausdehnen oder zusammenziehen können, dieselben dürfen daher nirgend durch Löthung miteinander verbunden sein. Zur Befestigung der Zinkblechtafeln dienen die in Fig. 548 dargestellten Haften, welche ebenfalls aus Zinkblech bestehen und von dem Walzwerke mitgeliefert werden. Man beginnt mit der Zinkblecheindeckung an der Dachrinne und arbeitet nach dem Firste zu, indem man die Tafeln der Länge nach in diese Richtung legt, wobei sie sich etwa 10 Centim. lang überdecken. Die Holzleisten werden in solchen Entfernungen auf die Schaalung genagelt, dass die Ränder der Zinktafeln an den beiden Seiten der Breite, in die Höhe gebogen werden können, und zwar so hoch, dass die Ränder der Tafeln die Holzleisten noch um ca. $^1/_3$ ihrer Höhe überragen. Von den hakenförmigen Haftblechen Modell Nr. I, Fig. 548 werden nun 2 Stück für jede Tafel auf die Schaalung genagelt und wird der untere Theil der Tafeln in diese Haken eingeschoben, wie es in Fig. 549 angedeutet ist. Am oberen Ende der Tafeln wird je eine Hafte, Modell Nr. III, Fig. 548, aufgelöthet und nach Fig. 549 auf die Schaalung genagelt; die nächstfolgende Tafel überdeckt diese Hafte und findet wieder ihre Befestigung am unteren Ende durch 2 Haften Nr. I, welche oberhalb der unteren Tafel auf der Schaalung mittelst Nagelung befestigt sind. Um nun noch den Tafeln an den aufgebogenen Rändern eine entsprechende Befestigung geben zu können, sind unter den Holzleisten für jede Tafel 5 Längenhaften nach dem Modell Nr. II, Fig. 548 befestigt, die über die Ränder *a* Fig. 550 umgebogen werden und somit die Tafeln auf die Schaalung drücken. Zur Ueberdeckung der Holzleiste dient der Blechstreifen *b*, der mit den aufgebogenen Rändern *a* Fig. 550 bei *c* zweimal umgebörtelt ist. Der fertige Stoss der Tafeln hat im Querschnitte die Form Fig. 550. Dass die Tafeln sich nach allen Richtungen bei dieser Eindeckung frei bewegen können, ist leicht einzusehen. Das Gewicht des Zinks der fertigen Eindeckung incl. Haften ist pro □Meter Dachfläche, für die verschiedenen Blechnummern, bei den Tafeln von:

Fig. 548.

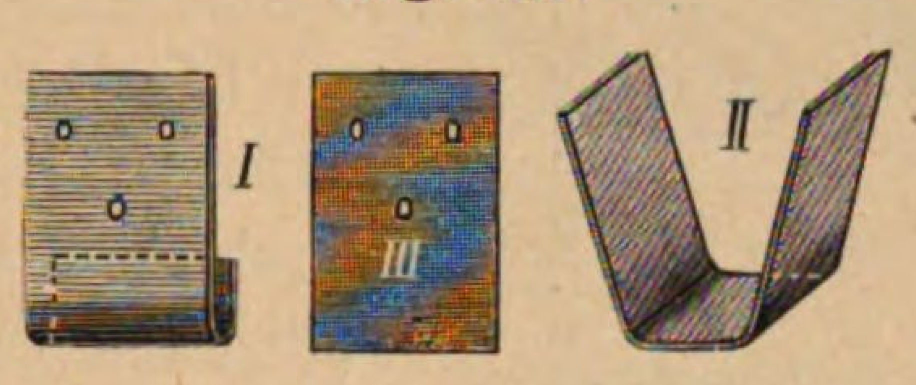
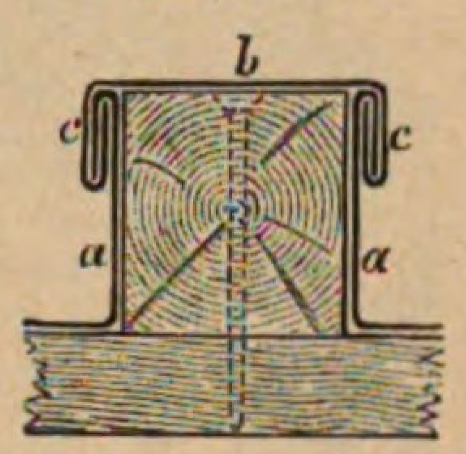


Fig. 549.



Fig. 550.



0,94 × 1,96 Meter	0,81 × 1,96 Meter
Nr. 12 = 6,48 Kilogr.	Nr. 12 = 6,70 Kilogr.
Nr. 13 = 7,28 »	Nr. 13 = 7,52 »
Nr. 14 = 8,08 »	Nr. 14 = 8,35 »

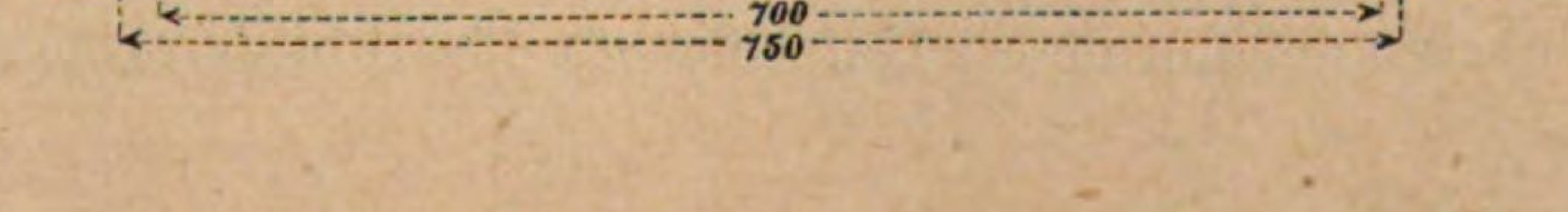
Demnach ist es zweckmässiger die breiteren Tafeln zu benutzen, weil weniger Zink und Holzleisten gebraucht werden. Andere Blechnummern als 12 bis 14 pflegt man zu diesem Eindeckungssystem nicht zu verwenden. Im Jahre 1872 lieferte der Klempnermeister **Bellon** jun. in Cöln ein fertig eingedecktes Zinkdach incl. Zinkblech Nr. 14, aber excl. Schaalung und Leisten, zum Preise von 4,6 Mark pro □Meter.

Die **gewellten** Zinkbleche der **Vieille Montagne** leisten einen starken relativen Widerstand und sind im Stande grosse Lasten zu tragen, wesshalb Lattungen oder Bretterverschaalungen bei Wellenblechbedachungen nicht nöthig werden. Derartige Dachconstructionen sind daher in der Regel Fettendächer, deren Neigung mindestens 20 bis 25 Grad beträgt und deren Fetten folgende Entfernungen von Mitte zu Mitte haben:

bei Anwendung von gewellten Zinkblechtafeln.	Nr. 12	ca.	0,80	bis	0,95	Meter
	» 13	»	0,95	»	1,10	»
	» 14	»	0,10	»	1,25	»

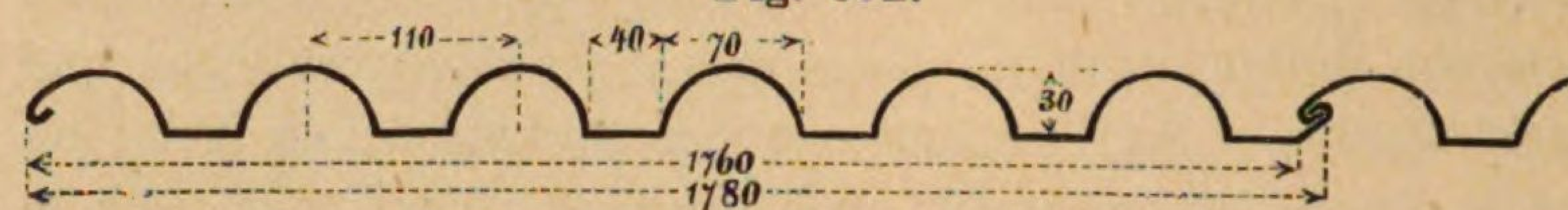
Ausser dem in Fig. 551 im Profil dargestellten Wellensystem erzeugt die **Vieille Montagne** noch ein cannelirtes System, wie es

Fig. 551.



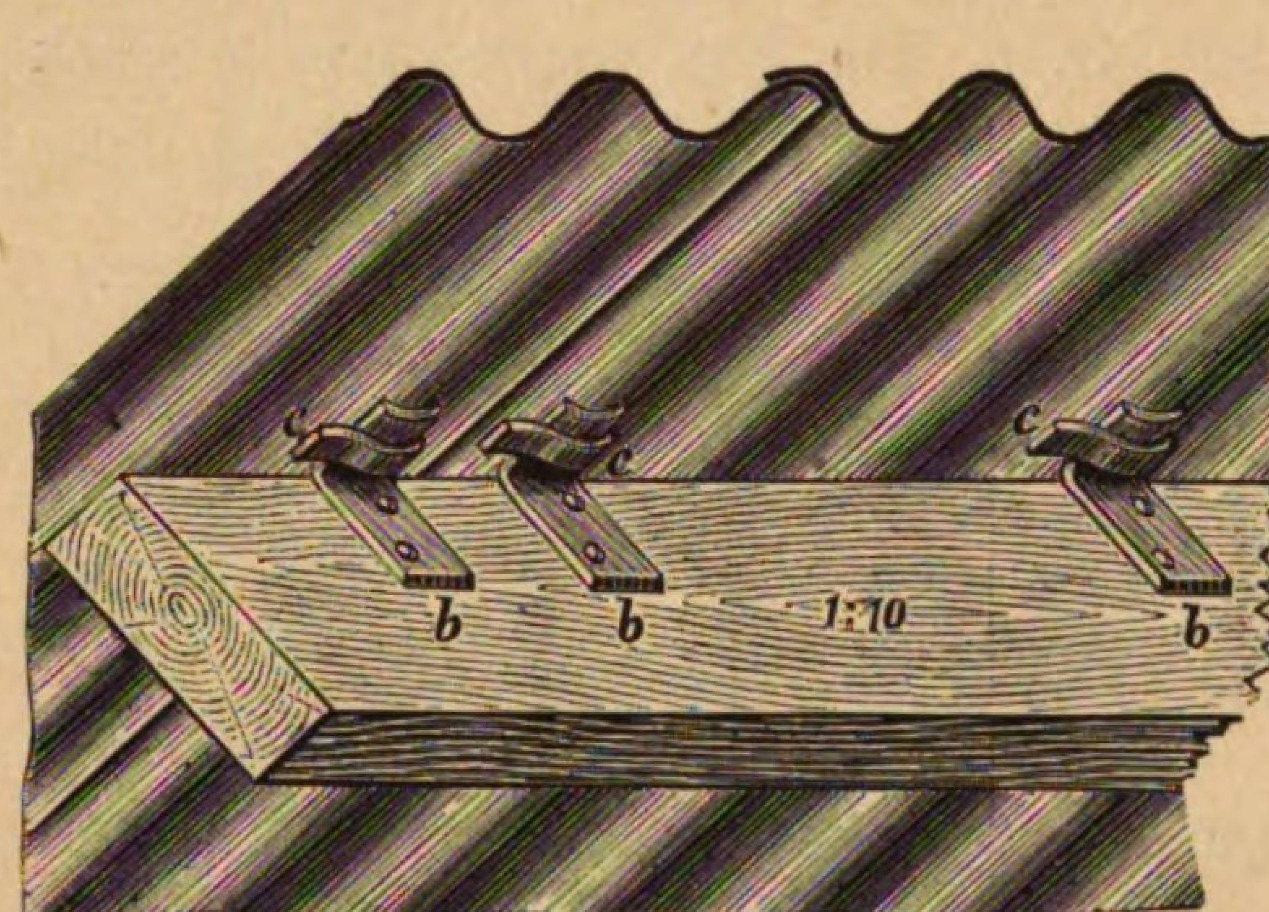
in Fig. 552 gezeichnet ist und worauf die Gesellschaft ein Patent besitzt. Die Tafeln des ersteren Systems haben im gewellten Zustande die stetige Breite von 75 Centim. und eine gewöhnliche Länge von 1,96 Meter, die jedoch nach Bedürfniss variiren kann. Die Tafeln des patentirten Systems sind stets 1,76 Meter breit und höchstens 1,0 Meter lang.

Fig. 552.



Um das Wellblech wasserdicht einzudecken, lässt man die Tafeln in der Richtung des Wasserlaufes etwa 10 Centim. übereinanderschiessen, während sich in der Wellenrichtung des Bleches je eine Welle der Tafeln überdeckt, in der Weise, wie es Fig. 551 zeigt.

Fig. 553.



Die Befestigung des Wellbleches auf den Fetten wird aus Fig. 553 bis 556 ersichtlich. Verzinnte Eisenhaften *b*, Fig. 553, sind an die Holzfetten genagelt und greifen in die Oesen *c* welche an den Wellblechtafeln angelöthet sind, und zwar an den Enden der Tafel 1 Stück und 1 Stück in der Mitte, so dass jede Tafel von 3 Haften gehalten wird. In Fig. 554 sind diese Haften in $^1/_4$ der wirklichen Grösse dargestellt, *b* und *c* werden gemeinschaftlich für hölzerneFetten gebraucht, dagegen ist *a* eine Hafte für eiserne Fetten. Wie diese Hafte sich um die Fette legt und die angelöthete Wellblechtafel festhält, ist aus Fig. 555 zu erkennen. *A* zeigt die Ueberdeckung der Tafeln in der Richtung des Wasserlaufes, wobei die Hafte *a* an die obere Wellblechtafel gelöthet ist und so die untere Tafel auf die Fette drückt. Zur Dichtmachung des Dachfirstes löthet

Fig. 554.

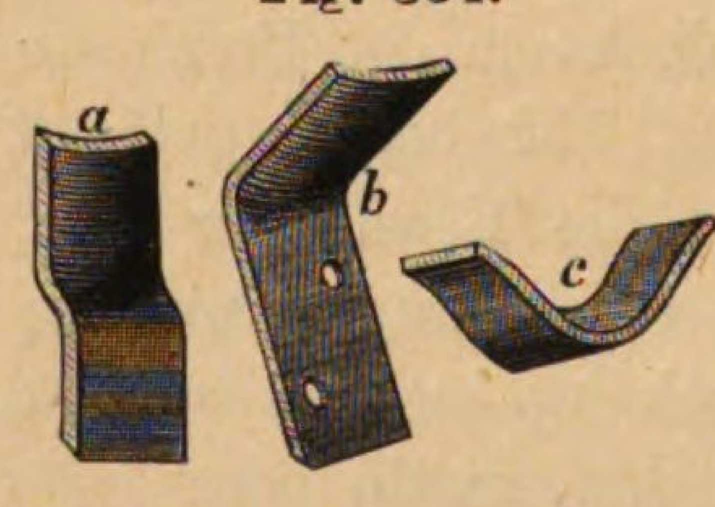


Fig. 555.

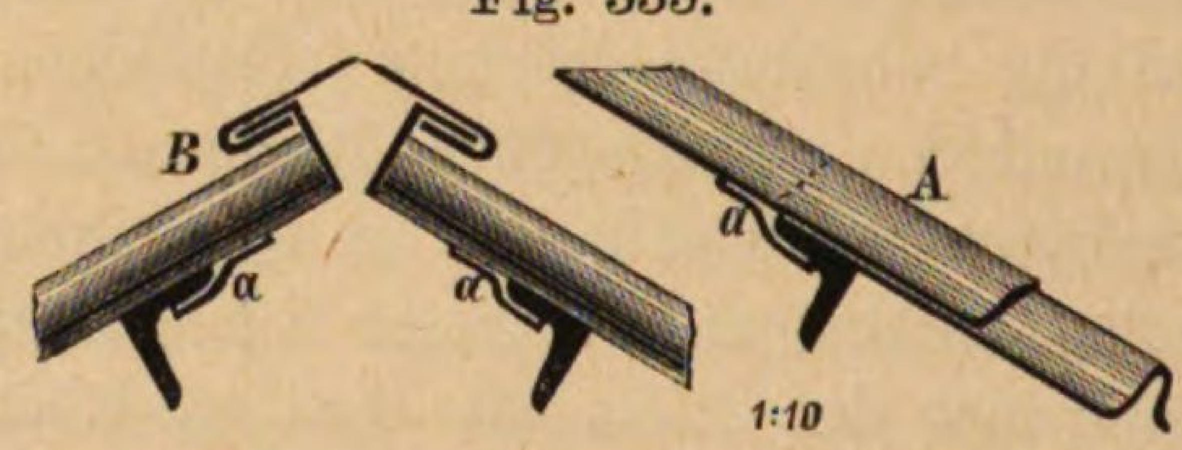


Fig. 556.

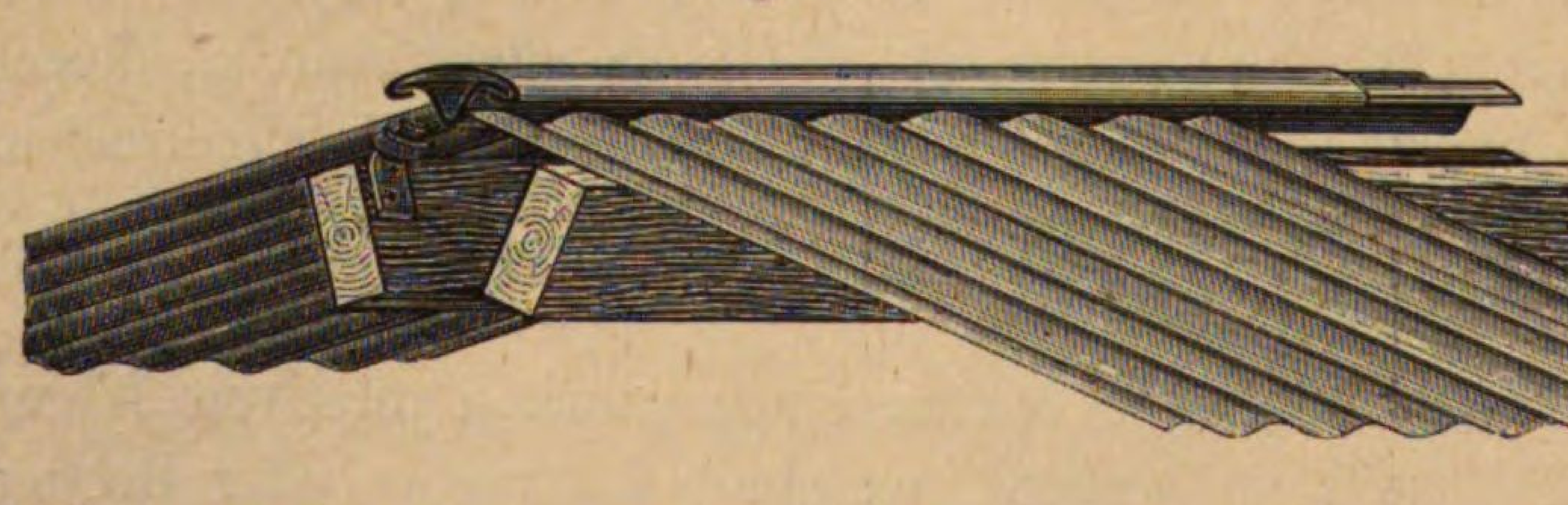
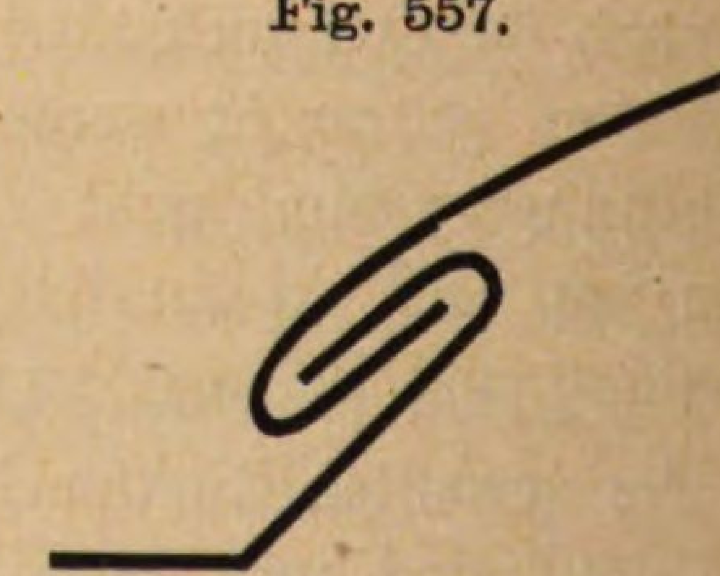


Fig. 557.



man rechtwinklig gebogene Blechstreifen an die Enden der Wellblechtafeln und schiebt über die umgebogenen Ränder derselben eine Kappe, ebenfalls aus Zinkblech gebogen, wie dies die Fig. 555 *B* und 556 andeuten; hierdurch wird ein vollständig dichter Schluss erzielt.

Bei dem **cannelirten System**, Fig. 552, überdecken die Tafeln sich in der Richtung des Wasserlaufes ebenfalls um ca. 10 Centim., dagegen sind die Tafeln in der Richtung der Canneluren in der Weise in einander gehakt, wie es Fig. 557 in natürlicher Grösse zeigt. Fig. 558 stellt 2 cannelirte Blechtafeln in ihrer Lage auf den Fetten dar; diese letzteren sind ca. 90 Centim. von einander entfernt und mittelst Winkeleisenabschnitten auf den Dachbindern befestigt. Die obere Tafel ist an der Kante, wo sie das Regenwasser auf die untere Tafel fliessen lässt, niedergebörtelt, damit das Wasser leichter ab-

fliessen kann; es ist aber ein kleiner Zwischenraum gelassen, wodurch das Schweisswasser, welches sich an der unteren Seite der Blechtafeln bildet, auf das Dach fliesst. Die Befestigung der Tafeln, sowohl auf hölzernen wie auf eisernen Fetten zeigt Fig. 559. Für hölzerne Fetten sind die in *A* und *C* dargestellten Haften an einem Ende im rechten Winkel gebogen und an den Fetten angenagelt; für eiserne Fetten sind sie nach *B* und *D* als Doppelhaken gebogen und hinter die Fetten gehakt. In beiden Fällen sind diese verzinnten Eisenhaften an der oberen Tafel festgelöthet.

Fig. 558.

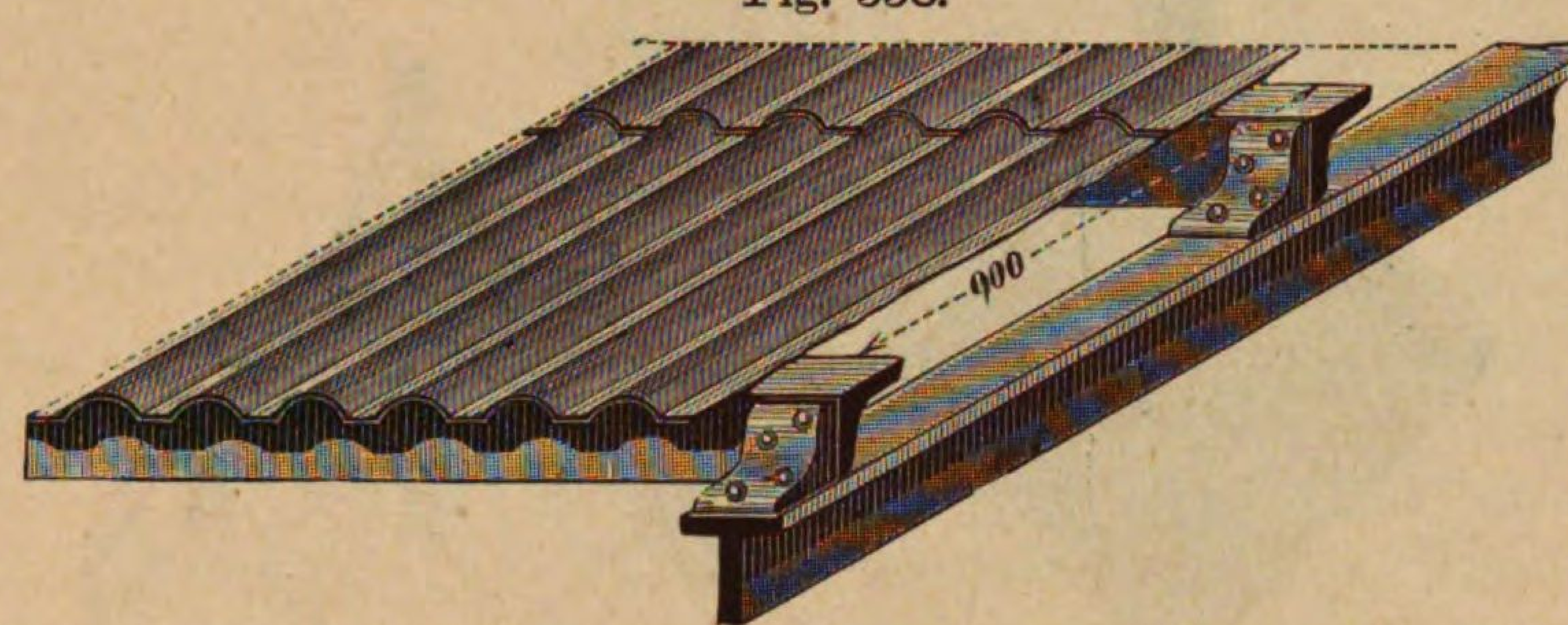
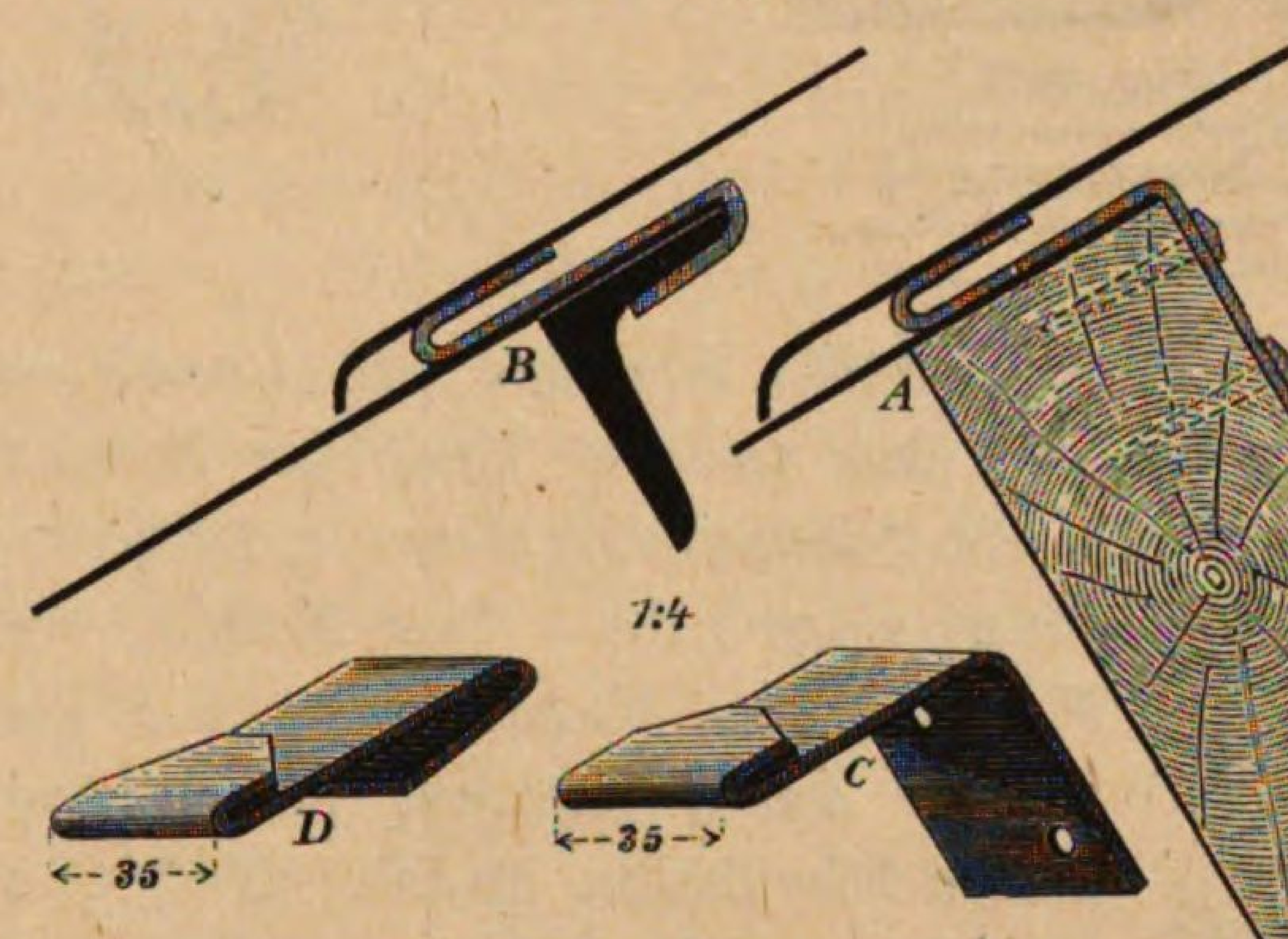


Fig. 559.



Da diese Dachdeckung durch die unteren geraden Flächen ein gutes Auflager auf den Fetten hat und durch die unteren umgebörtelten Kanten der Tafeln ein dichter Abschluss zwischen den Tafeln erzielt wird, so ist das cannelirte System dem gewöhnlichen Wellbleche vorzuziehen.

Die Nummern der Bleche und deren Stärke, sowie die annähernden Gewichte der Tafeln sind in nebenstehender Tabelle enthalten.

Nummer der Tafeln. Belgisches Cal.	Stärke der Tafeln in Millim.	Gewicht des Wellblechs pro 1 □Meter. Kilogr.	Gewicht des Wellblechs pro 1 □Meter fertig gelegt. Kilogr.	Gewicht des cannelirten Bleches pro 1 □Meter fertig gelegt. Kilogr.
11	0,664	5,74	6,48	6,44
12	0,758	6,55	7,40	7,35
13	0,853	7,37	8,31	8,27
14	0,947	8,19	9,23	9,18
15	1,041	9,00	—	—
16	1,135	9,82	—	—

Eine andere Eindeckungsart des Zinkbleches, worauf die **Vieille Montagne** ein Patent genommen hat, ist das **Rauten-System**. Eine solche Raute ist in Fig. 560 dargestellt und sind dieselben an den Umpfalzungen mit einer Bauchung versehen. Die Rautendeckung wird auf Bretterschaalung ausgeführt, indem jede Raute von der Eckhafte Fig. 560 und ausserdem noch durch die Zinkhaften Modell Nr. 7, Fig. 561 gehalten wird. Fig. 562 zeigt in natürlicher Grösse, wie die umgebörtelten Seiten der Rauten in einander gehakt werden.

Bezeichnung der Rauten.	Wirkliche Dimensionen der Rauten in Millim.	Anzahl der Rauten und Haften pro □Meter fertig gelegt. Rauten.	Haften ModellNr. 7.	Anzahl der Haften pro Rante.	Gewicht des Zinks incl. der Haften pro □Meter fertig gelegt. Nr. 8. Kilogr.	Nr. 9. Kilogr.	Nr. 10. Kilogr.	Nr. 11. Kilogr.	Nr. 12. Kilogr.	Nr. 13. Kilogr.
10½″ × 10½″	266 × 266	17,57	35	2	6,85	7,15	8,31	9,46	—	—
13½″ × 13½″	340 × 340	9,81	20	2	5,38	5,89	6,92	7,94	—	—
16″ × 16″	405 × 405	6,96	14	2	5,03	5,52	6,51	7,51	—	—
23″ × 23″	588 × 588	3,14	13	4	—	4,81	5,68	6,56	7,43	—
29″ × 29″	745 × 745	1,93	8	4	—	—	5,27	6,11	6,93	7,76

Bei Anwendung dieses Eindeckungssystemes ist es also zweckmässig möglichst grosse

Rauten zu nehmen, und wird die fertige Eindeckung dann nur wenig schwerer als beim Leistensystem.

Fig. 560.

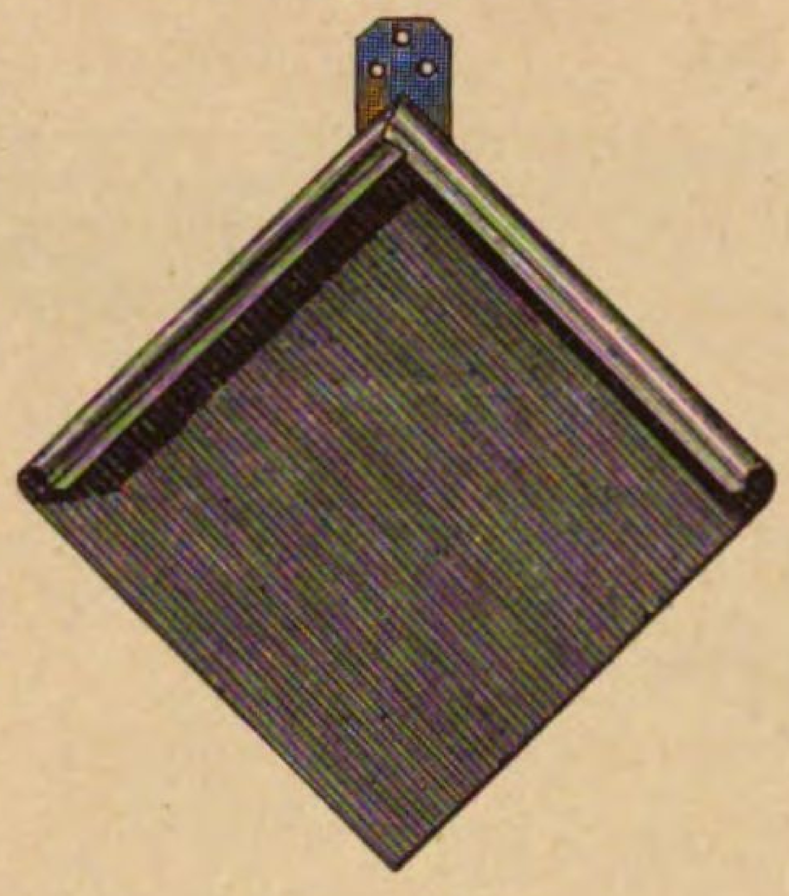


Fig. 561.



Fig. 562.

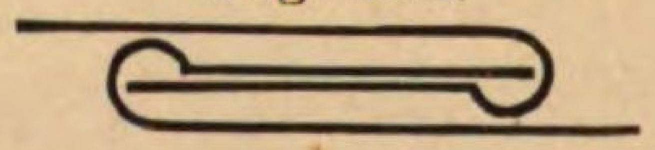


Fig. 563.

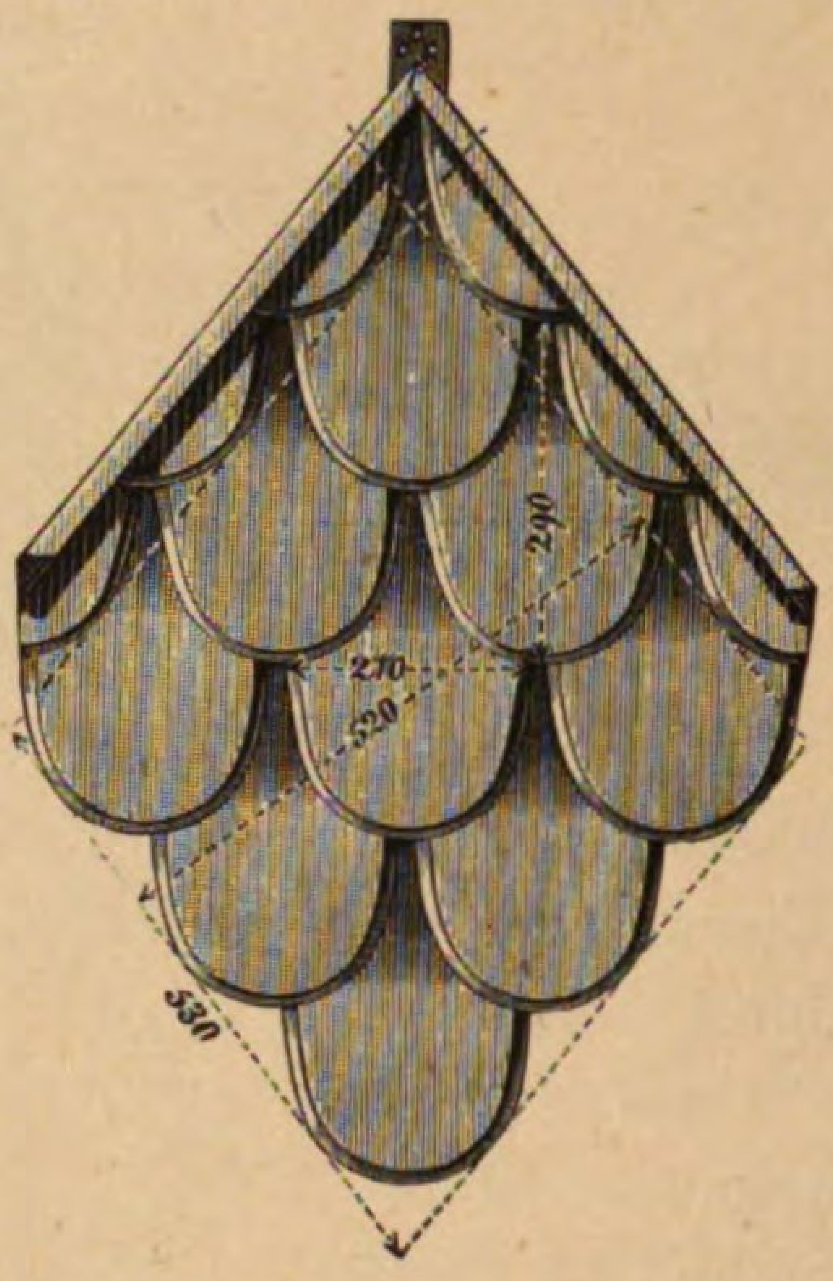
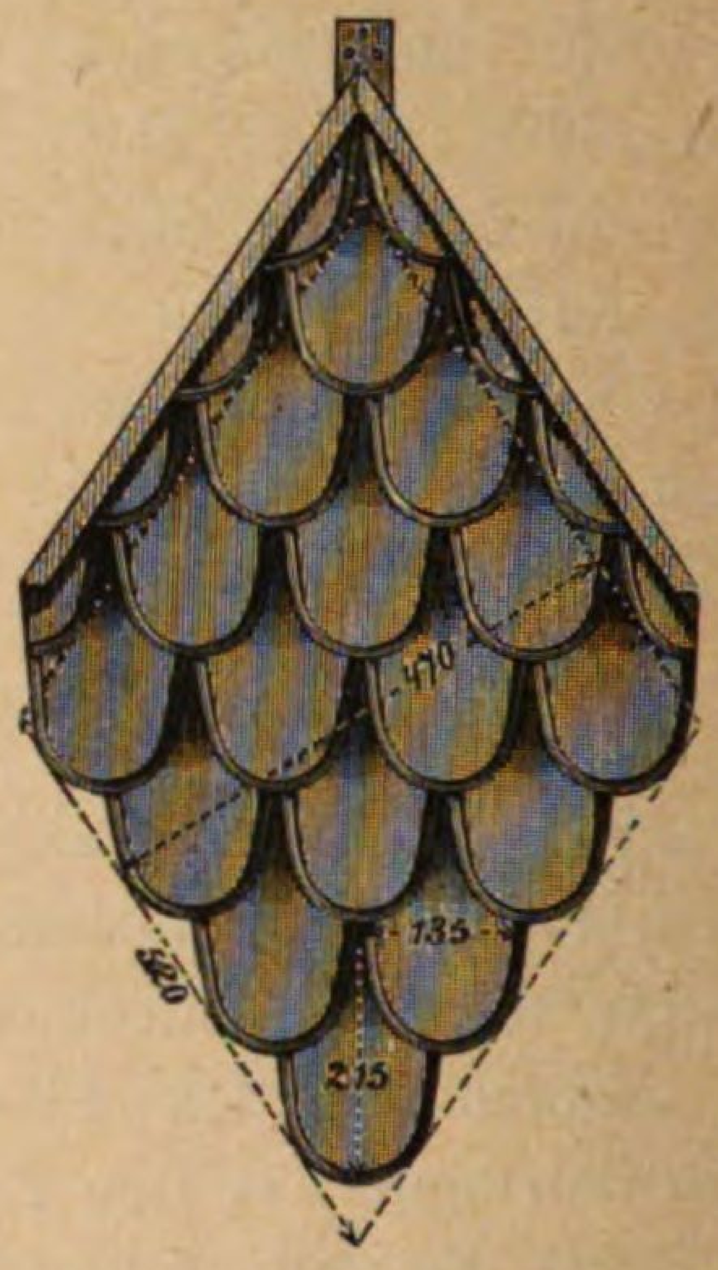


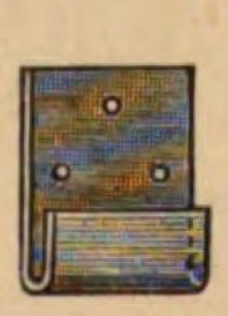
Fig. 564.



Die Gesellschaft **Vieille Montagne** liefert auch ein **Schuppen**-Eindeckungssystem, welches namentlich für den unteren Theil der Mansarddächer verwendet wird, indem die Dachfläche durch die Schuppenform ein gefälliges Ansehen erhält; auch dieses System wird auf Schaalung eingedeckt. Das Modell Nr. 1 mit grösseren Schuppen ist in Fig. 563, das Modell Nr. 2 mit kleineren Schuppen in Fig. 564 dargestellt. Zur Befestigung jeder Schuppe auf der Schaalung wird eine verzinnte Eisenhafte, Modell Nr. 38, Fig. 565, erforderlich, sowie 4 Zinkblechhaften, Modell Nr. 4, Fig. 566, und ist das Gewicht der Zinkhaften pro □Meter fertig gelegter Dachfläche = 0,38 Kilogr., das der Eisenhaften = 0,025 Kilogr., das Gewicht der Schuppen pro □Meter fertiger Dachfläche ist für:

Fig. 565. Fig. 566.





Blech Nr. 10	= 5,95 Kilogr.	Blech Nr. 12	= 7,70 Kilogr.
» Nr. 11	= 6,85 »	» Nr. 13	= 8,60 »

Das Zink bedarf gegen Witterungseinflüsse keines Farbenanstriches, da es sich an der Luft sehr bald mit einer dünnen Oxydhaut überzieht, die fest haftet und den Sauerstoff vom Zink abhält, wodurch das Fortschreiten der Oxydation so sehr gehemmt wird, dass eine äusserst dünne Zinkschicht Jahrhunderte lang der Zerstörung widersteht. Nach einer 27 Jahre lang fortgesetzten Beobachtung des Herrn Prof. **Pettenkofer** hatte das Zinkblech eines Daches in München, während dieser Zeit 51,4 Gramm pro □Meter von seinem anfänglichen Gewichte verloren. Dieser Gewichtsverlust, der einer Blechstärke von 0,0058 Millim. entspricht, ist als Oxyd durch den Regen fortgeführt. Nach dieser Beobachtung kann dem Zinkblech eine grosse Dauer nicht abgesprochen werden.

Will man dem Zinkblech aber einen Farbenton geben, so ist hierzu der auf Seite 221 erwähnte **Silicat**-Anstrich zu empfehlen, der sammt Gebrauchsanweisung von der **Vieille-Montagne** geliefert wird. Das Silicat ist eine Wasserglaslösung in der sog. **Steinzinkoxyd** eingerührt wird; das letztere Steinpulver hat eine gelblichweisse Farbe und besteht aus 52,70 Zinkoxyd, 3,25 Eisenoxyd, 22,12 kohlensaurem Kalk, 28,85 Sand und scheint demnach nichts anderes zu sein, als natürlicher Galmei mit dem ihn begleitenden Gesteine gemahlen und soweit erhitzt, dass nur das kohlensaure Zinkoxyd seine Kohlensäure verliert, nicht aber der kohlensaure Kalk. Die Wasserglaslösung besteht aus 67,05 Kieselsäure, 29,40 Kali und 3,55 Natron, ist also vorherrschend Kaliwasserglas.

Der Anstrich eignet sich für Holz, Stein, Cement, Mörtel, Zink etc. und hat

im trockenen Zustande einen röthlich-gelb-weissen Ton, doch lassen sich dem Anstriche auch andere Farben beimengen, wenn diese sich mit dem Silicate verbinden, was jedoch bei allen Bleifarben **nicht** der Fall ist. Die zu streichenden Flächen dürfen nicht fettig oder nass sein und ist zwischen 2 Anstrichen ein Zeitraum von 24 bis 48 Stunden erforderlich; gewöhnlich giebt man 3 Anstriche nacheinander, von denen bei Holz, Stein, Mörtel oder Cement der 1. Strich aus 5 Gewichtstheilen Silicat, 1 Theil Flusswasser und 1 Theil Steinzinkoxyd zusammengesetzt wird: für den 2. Strich nimmt man gleiche Gewichtstheile Silicat und Steinzinkoxyd; der 3. Strich wird mit einem steifen Pinsel getupft; seine Zusammensetzung richtet sich darnach, ob der 2. Strich einen ganz gleichförmigen Ton ergeben hat, oder ob er ungleichförmig schattirt ausgefallen ist; im ersteren Falle wird der 3. Strich wie der 2. zusammengesetzt, im anderen Falle nimmt man 5 Gewichtstheile Silicat, 1 Theil Flusswasser und 6 Theile Steinzinkoxyd. Beim Anstrich auf Zink nimmt man niemals Wasserzusatz, sondern zu allen Anstrichen gleiche Gewichtstheile Silicat und Steinzinkoxyd; auch hierbei wird der 3. Strich mit einem steifen Pinsel getupft. Der Silicatanstrich haftet sehr fest auf Zinkblech und giebt demselben das Ansehen eines bearbeiteten Sandsteins; der Verfasser kann diesen billigen Anstrich aus eigener Erfahrung bestens empfehlen.

Für Gesimsabdeckungen aus Zinkblech ist ein solcher Anstrich namentlich zweckmässig, weil die Farbe der Abdeckungen dann dem Ton der Façade entsprechend gewählt werden kann und weil das von den angestrichenen Abdeckungen abfliessende Regenwasser die Façaden nicht mehr beschmutzt.

Dachdeckungen aus Gusszinkplatten sind wohl zuweilen ausgeführt, doch werden dieselben ziemlich theuer, weil die Plattenstärke nicht gut unter 4 bis 5 Millim. genommen werden darf, da das gegossene Zink spröde ist. Man deckt diese Zinkplatten auf hölzerne Latten nach Fig. 567 und giebt ihnen eine Länge von ca. 50 Centim.; sie greifen mit schwachen Leisten übereinander und werden mittelst angegossener Nasen hinter den Latten festgenagelt; auch auf Latten aus schwachen Winkeleisen lassen sich die Zinkplatten mittelst angelötheter Haften sehr leicht befestigen. Für ornamentirte Thurmspitzen ist das Gusszink ein schätzbares und billiges Eindeckungsmaterial, doch dürfte dasselbe für gewöhnliche Dachdeckungen nicht zu empfehlen sein. Das Eigengewicht (S. 155) der mit Gussplatten eingedeckten Dächer beträgt ca. 70 Kilogr. pro □Meter Dachfläche.

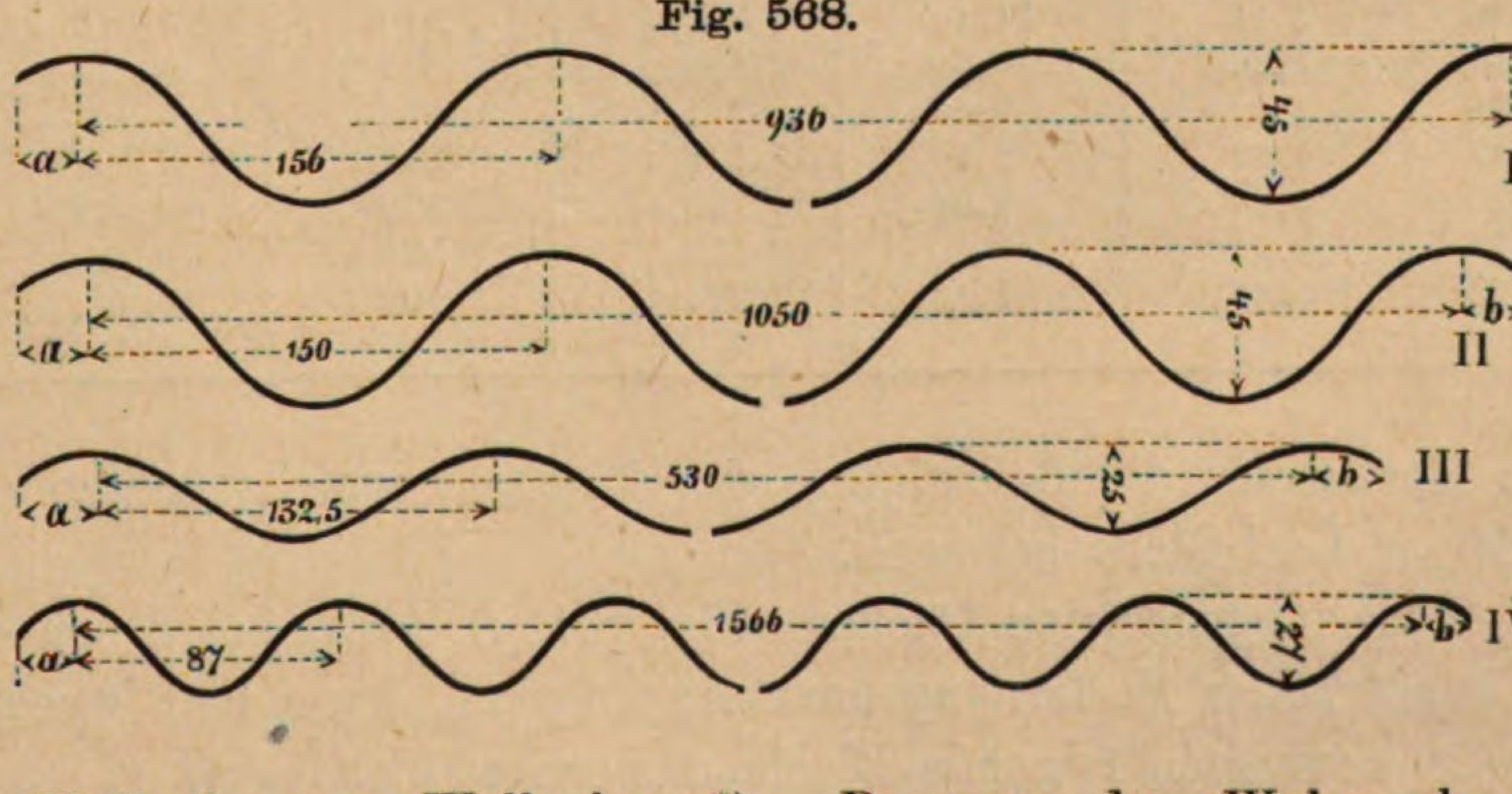
Fig. 567.



§. 85. Eisenblecheindeckungen.

Eisenwellbleche zu Dacheindeckungen werden namentlich von dem **Dillinger-Hüttenwerke** in Dillingen a. d. Saar hergestellt und zwar in 4 verschiedenen Wellenformen, welche in Fig. 568 dargestellt sind. Ausser diesen 4 Profilen liefert dasselbe Hüttenwerk noch ein anderes Profil Nr. 1 für Brückenbauten in einer Blechstärke von 3 bis 6 Millim., 3 Meter höchstens lang und 92 Centim. breit. Die Wellen dieses Profils haben 7,5 Centim. Höhe und 23 Centim. Entfernung von Wellenberg zu Wellenberg *). Das von dem Walzwerk mit

Fig. 568.



*) Ueber die Tragkraft der Bleche findet man Angaben in der Deutschen Bauzeitung 1869. S. 148.

2[a] bezeichnete Profil I, Fig. 568 wird in der Stärke von $1\frac{1}{4}$—2 Millim. gewalzt und hat im gewellten Zustande eine Breite von 93,6 Centim. und eine grösste Länge von 3 Meter. Die Ueberdeckung bei *a* Fig. 568 beträgt für alle Bleche ca. 2 Centim., bei *b* kann dieselbe beliebig ausgeführt werden. Profil Nr. 2^b, Fig. 568 II, wird ebenfalls in der grössten Länge von 3 Meter hergestellt, dagegen ist die Breite dieser Tafeln ohne Ueberdeckung 1,05 Meter, wenn die Blechdicke 2 bis $1\frac{1}{4}$ Millim. beträgt; bei Tafeln von $1\frac{1}{4}$ bis 1 Millim. Blechstärke ist aber die grösste Breite nur = 90 Centim.; sämmtliche Wellbleche nach dem Profil II können bis zur Breite von 90 Centim., excl. Ueberdeckung, nach jedem beliebigen Radius von 2 bis 14 Meter **bombirt** (vergl. Fig. 401, S. 193) geliefert werden. Bei bombirtem Wellbleche ist die Entfernung von Wellenberg zu Wellenberg 152 bis 153 Millimeter. Das Profil Nr. 3, Fig. 568 III, wird $\frac{3}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Millim. dick ausgewalzt, wobei die Tafeln eine grösste Länge von 2,3 Meter und ohne Ueberdeckung eine Breite von 53 Centim. erhalten. Profil Nr. 4, Fig. 568 IV, wird nur in der Dicke von 0,56 bis 0,84 Millim. gewalzt und beträgt die grösste Länge der Tafeln 0,9 Meter, die grösste Breite ohne Ueberdeckung aber 1,566 Meter. Wellbleche nach diesem Profil werden auch von dem Walzwerke **verbleit** oder **verzinkt** geliefert. In der folgenden Tabelle sind die Gewichte der Bleche enthalten.

Dicke der Bleche in Millim.	Gewicht der Bleche pro □Meter in Kilogr. Nr. I.	Nr. II.	Nr III.	Nr. IV.
0,56	—	—	—	5,55
0,71	—	—	—	7,10
0,75	—	—	6,00	—
0,84	—	—	—	8,30
1,00	—	9,00	8,50	—
1,25	11,00	11,50	10,50	—
1,50	13,25	13,50	12,50	—
1,75	15,50	16,00	—	—
2,00	17,75	18,50	—	—

Der Ueberpreis (vergl. S. 84) für Wellbleche des Profils I und II bei $1\frac{1}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Millim. Stärke beträgt pro 1000 Kilogr. loco Hütte 150 Mark; des Profils III bei $\frac{3}{4}$ bis $1\frac{1}{2}$ Millim. Stärke ebenfalls 150 Mark; des Profils IV bei 0,56 bis 0,84 Millim. Stärke 120 Mark. Wird das letztere Profil verbleit oder verzinkt geliefert so ist der Ueberpreis = 240 Mark. Für **bombirte** Wellbleche zu Tonnendächern tritt noch eine weitere Preissteigerung von 30 Mark pro 1000 Kilogr. hinzu. Der **Grundpreis** betrug im Jahre 1871 pro 1000 Kilogr. 168 Mark; derselbe muss zu den vorstehenden Sätzen addirt werden, um den wirklichen Preis der betreffenden Blechgattung zu erhalten.

Das Walzwerk **Germania** in Neuwied a/Rhein liefert eine Sorte Wellblech, dessen Wellenhöhe 26 Millim. beträgt bei 122 Millim. Entfernung von Wellenberg zu Wellenberg. Die Tafeln haben in der Wellenrichtung 61 Centim. Breite und sind ca. 2,2 Meter lang; sie werden verzinkt und bombirt geliefert. Die folgende Tabelle giebt die Blechnummer, die Blechdicke, das Gewicht und die Kosten des **verzinkten** Wellbleches; wird dasselbe bombirt verlangt, so erhöhen sich die Preise um 12 Mark pro 1000 Kilogr.; zu den in der letzten Columne gegebenen Preisen kommen noch die Transportkosten, sowie die Kosten für die Befestigung des Bleches, welche letzteren ca. 0,8 bis 1,2 Mark pro □Meter Dachfläche betragen.

Nr.	Dicke in Millim.	Gewicht pro □Meter in Kilogr.	1000 Kilogr. enthalten □Meter:	Preis pro 1000 Kilogr. in Mark.	Preis der Deckung pro □Meter Dachfläche in Mark.
16	1,41	11,40	87,8	510	7,613
17	1,26	10,00	100,0	521	6,648
18	1,12	9,00	111,1	534	6,293
19	1,00	8,10	123,4	552	5,684
20	0,84	6,64	150,6	570	4,974
21	0,71	5,68	176,0	585	4,263
22	0,56	4,46	224,2	600	3,502

Für die **bombirten** Dächer (Fig. 401, S. 193), bei denen die Zugstangen und Stützen in ca. 3 Meter Entfernung anzubringen sind, kann man zweckmässig für die verschiedenen Spannweiten folgende Blechnummern wählen:

Spannweite bis	4,5;	6,0;	7,5;	9,0;	11,0;	14,0 Meter
Blechnummer .	21	20	18	17	16	14

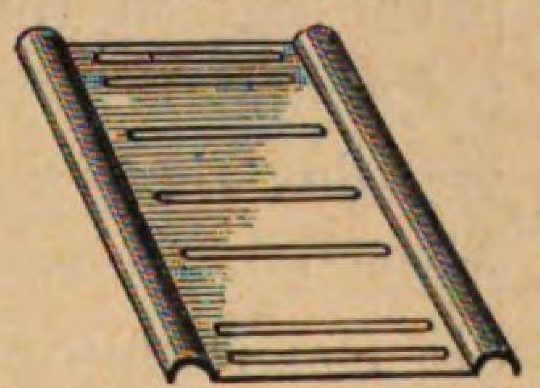
Bei grösseren Spannweiten sind Binder erforderlich und können diese mit jedem beliebigen Wellbleche eingedeckt werden. Nieten und Schrauben sind immer nur in den obern Wölbungen der Wellbleche anzubringen.

Ueber das Verzinken des Eisens ist S. 20 ausführlicher gesprochen; der Schutz der dem Eisen durch das Verzinken ertheilt wird, ist **chemischer** Natur und so wirksam, dass sogar kleine, durch Zink nicht überdeckte Stellen des Eisens vor Rost bewahrt werden. Wie in dem vorhergehenden § angeführt wurde, oxydirt das Zink in so geringem Masse, dass auch ein ganz dünner Zinküberzug grosse Dauer hat. Durch alle andern Metalle, wie Zinn und Blei, mit denen man Eisen zu überziehen pflegt, wird demselben nur ein **mechanischer** Schutz gewährt und zwar nur dann, wenn der Ueberzug vollkommen dicht ist, was äusserst selten erreicht wird. Verbleites Eisen steht dem verzinkten entschieden nach, da die in der Luft enthaltene Kohlensäure zerstörend auf den dünnen Bleiüberzug einwirkt, ohne dass der Zerstörung durch ein so günstiges Verhältniss wie bei dem Zinküberzuge Einhalt gethan würde. Das verzinkte Eisenblech hat eine viel grössere Festigkeit als das Zinkblech, indem sich die absolute Festigkeit des gewalzten Zinks zum Eisen ca. wie 1 : 9 verhält; da man aus diesem Grunde bei Anwendung von Eisenwellblech die Fetten eines Daches in grösseren Entfernungen von einander anbringen kann ca. 1,8 bis 1,9 Meter, so wird man verzinktes Eisenwellblech oft dem Zinkbleche vorziehen.

Das manchmal geäusserte Bedenken, dass in Folge der verschiedenen Ausdehnung des Eisens und des Zinküberzuges letzterer rissig werden könne, widerlegt sich durch die Erwägung, dass das verzinkte Blech unter gewöhnlichen Verhältnissen nie wieder eine so hohe Temperatur erreicht, als es bei dem Verzinken gleich nach dem Erstarren des Zinküberzuges hatte. Da der Zinküberzug beim Abkühlen aus einer sehr hohen Temperatur nicht rissig wird, wird er es sicher nicht bei den spätern unbedeutenden Temperaturunterschieden werden.

In der Nähe chemischer oder metallurgischer Werke, aus denen sich saure Gase entwickeln, wird das verzinkte Eisenblech der Dachdeckung zweckmässig mit einem Anstrich von Theer, Oelfarbe oder Silicat versehen, der das Zink gegen Zerstörung durch solche Gase schützt.

Fig. 569.



Das Walzwerk **Germania** liefert auch Pfannen aus verzinktem Eisenblech, in der Grösse von 94 $\times$ 61,5 Centim. nach Fig. 569 auf hölzernen Latten einzudecken, wobei die Latten in 57,5 Centim. Entfernung angebracht werden. Die Pfannen überdecken sich mit je 2 Querfurchen und geschieht die Befestigung durch Nagelung in den Polstern. Der Preis dieser Pfannen incl. der verzinkten Nägel beträgt pro □Meter Dachfläche bei Anwendung von Blech:

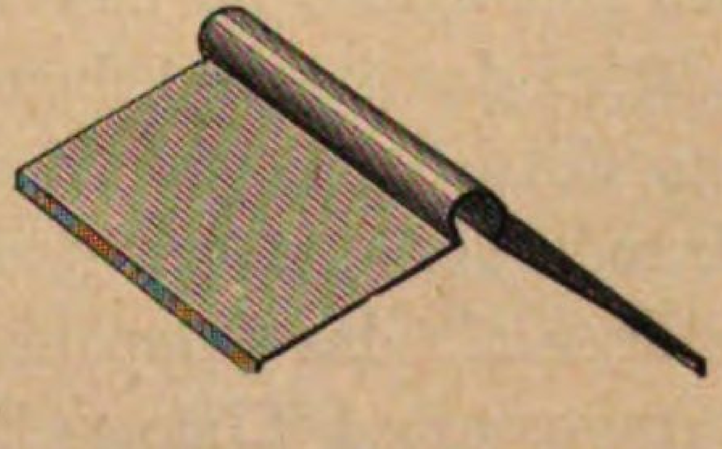
Blech Nr.	20;	21;	22
Mark	5,2;	4,6;	3,9.

Diese Preise erhöhen sich noch durch die Transportkosten, sowie durch die Kosten der Eindeckung. Auch eine schräge Rauteneindeckung liefert dasselbe Walzwerk, welche jedoch mit verzinkten Nägeln auf Schaalung genagelt werden muss. Die Rauten haben 39,2 Centim. Seite, überdecken sich 4 Centim. und haben 2 erhabene Furchen, wodurch sie eine grosse Steifigkeit erhalten. Für die verschiedenen Blechnummern betragen die Kosten dieser Eindeckungen pro □Meter Dachfläche:

Blech Nr.	20;	21;	22;	22½;	23;	24;
Mark	4,7	4,0	3,4	3,0	2,6	2,0

wobei die Schaalungs-, Transport- und Eindeckungskosten nicht mitgerechnet sind.

Fig. 570.



Sowohl für die Wellblech- wie auch für die Pfannen- und Rauteneindeckung wird die Dichtung des Firstes durch die in Fig. 570 dargestellten Firstbleche bewirkt; für Wellblecheindeckung sind dieselben unten nicht flach, sondern den Dachblechen entsprechend gewellt,

so dass sie einen vollkommenen Anschluss bilden. Solche Firstbleche werden pro lfd. Meter von 2,39 Mark an geliefert. Verzinkte Nägel und Nieten kosten pro Ctr. ca. 45 bis 60 Mark.

Für eiserne Dachgerüste hat sich das verzinkte Wellblech gut bewährt, dagegen dürften eiserne Eindeckungen auf hölzernen Dachstühlen nicht zu empfehlen sein, weil man bei etwaigen Feuersbrünsten von aussen sehr schwer löschen kann, indem das Feuer erst den grössten Theil des Dachstuhls verzehrt haben muss, bevor die Decke einstürzt und dann bedeckt das glühende Blech die Gluth, oder die einstürzende Masse ist im Stande, die Decken zu durchschlagen und somit erheblichen Schaden anzurichten. Das Verhalten des Zinkblechs ist in diesem Falle viel günstiger, da es sich rothglühend als Zinkweiss in weisse Flocken auflöst, oder bei 380° C. schon flüssig wird.

§. 86. Ziegel- und Cementplattendächer.

Die gewöhnlichen Dachsteine, die sog. Biberschwänze haben die Form Fig. 571 und hat das in Deutschland neu eingeführte Format derselben 40 Centim. Länge, 15 Centim. Breite und 12 Millim. Stärke; sie werden auf Latten als **Spliess-**, **Doppel-** und **Kronendach** eingedeckt; beim Spliess- und Doppeldach verwendet man 6 : 4, beim Kronendach 7 : 5 Centim. starke Latten.

Fig. 571.

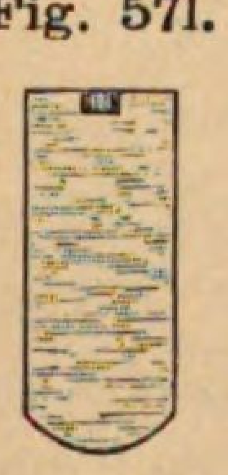
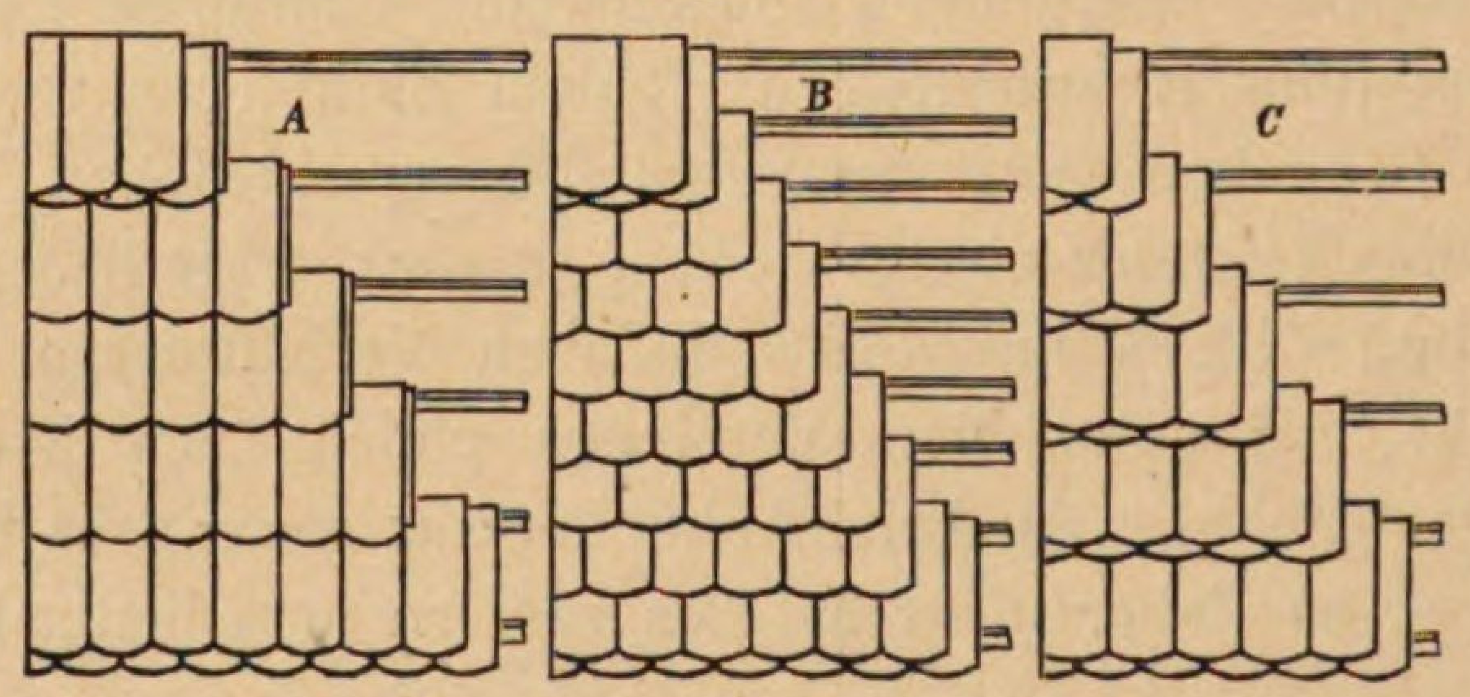


Fig. 572.



In Fig. 572 ist *A* die Eindeckung eines Spliess-, *B* die eines Doppel- und *C* die eines Kronendaches.

Das **Spliessdach** wird ca. 20 Centim. weit gelattet, und es sind pro □Meter Dachfläche ca. 35 Biberschwänze erforderlich. Die Stossfugen werden durch 4 Millim. dicke, 5 Centim. breite Holzbrettchen, sog. Splisse, geschlossen, die man aus astfreien Blöcken von der Dachsteinlänge spaltet; diese Brettchen halten in ihrer Dicke zugleich die Lagerfugen offen, welche von unten mit Mörtel verstrichen werden. An der unteren Kante sind die Dachsteine aus dem Grunde abgerundet, damit das Wasser von den Stossfugen abgehalten wird. Sowohl am First wie an der Traufe werden bei diesem wie auch beim Doppeldache doppelte Reihen Dachsteine eingedeckt, weil an diesen Stellen etwaige Reparaturen beschwerlich sind.

Das **Doppeldach** erhält ca. 14 Centim. weite Lattung und erfordert pro □Meter Dachfläche ca. 50 Dachsteine; hierbei überdeckt jeder Stein noch den 3. unter ihm liegenden und da die Steine in Verband eingedeckt werden, so sind hierbei keine Splisse erforderlich.

Beim **Kronendach** liegen auf jeder Latte doppelte Dachsteinreihen, wodurch die Steine theilweise 4fach übereinander zu liegen kommen, wie dies Fig. 405 und 406 zeigt. Dieses Dach wird ca. 26 Centim. weit gelattet und erfordert pro □Meter Dachfläche ca. 55 Stück Steine, wozu für alle drei Dächer noch für Bruch ca. 5 % mehr erforderlich werden.

Das Spliessdach ist von diesen drei Eindeckungen das leichteste und billigste, aber auch das am wenigsten dichte und am meisten reparaturbedürftige. In Bezug auf Schwere und Dichtigkeit ist das Doppel- und Krondach ziemlich gleich; das erstere erfordert mehr Latten, das letztere dagegen mehr Steine. Durch die weitere Lattung des Krondaches wird das Einziehen neuer Ziegel bei Reparaturen sehr erleichtert und namentlich aus diesem Grunde verdient das Krondach den Vorzug, auch wird dasselbe in der Ausführung etwas billiger als das Doppeldach. Nach den berliner Preisen kostet dort die Eindeckung incl. Lattung pro 1 □Meter Spliessdach 3,2 Mark, Doppeldach 4,3 Mark und Kronendach 4,0 Mark. Da das Spliessdach sich an den meisten Orten schlecht bewährt hat, so kann von

den vorstehenden drei Ziegeleindeckungen nur das Kronendach als zweckmässig empfohlen werden; die Sparrentheilung beträgt bei diesem Dache 1 bis 1,2 Meter, die Dachneigung gewöhnlich 40°. Nach böhmischer Eindeckungsart wird ein Streifen Mörtel (Luftmörtel) unter die Dachsteine gelegt, damit der Wind den sandartigen Schnee nicht unter die Fugen der Ziegel durch, ins Innere des Gebäudes treiben kann. Um den zum Verstreichen benutzten Mörtel elastischer und fester aneinanderhängend zu machen, nimmt man auf 180 Liter Kalk 1 Kilogr. Kälberhaare. Die First- oder Hohlziegel, Fig. 405, sind 40 Centim. lang, 17 Centim. breit und 2 Centim. stark, sie überdecken sich 10 Centim. und es sind pro lfd. Meter First ca. 3,4 Stück erforderlich.

Pfannendächer nach Fig. 573 oder 574 haben sich gut bewährt; werden dieselben sorgfältig ausgeführt und von unten mit Mörtel gut verstrichen, so erfüllen sie alle Anforderungen, welche man an ein gutes Ziegeldach stellen kann. In Norddeutschland werden die Dachpfannen in 2 Grössen angefertigt; die kleinere Sorte, sog. holländische Pfannen, hat 34 Centim. Länge und 24 Centim. Breite, sie werden auf 25 Centim. weiter Lattung gedeckt und decken ca. 21 Centim. in der Breite, so dass 20 Stück pro □Meter Dachfläche erforderlich werden. Die grössere Sorte ist 39 Centim. lang, 26 Centim. breit, wird auf 30 bis 34 Centim. weiter Lattung gedeckt und deckt ca. 24 Centim. in der Breite, wonach pro □Meter Dachfläche 14 Stück erforderlich sind; hierzu rechnet man noch 5 % für Bruch. Die Stärke der Pfannen beträgt 15 bis 20 Millim. und wird die Sparrentheilung beim Pfannendache zu 1 bis 1,25 Meter angenommen. In Berlin kostet die Eindeckung incl. Lattung pro □Meter Dachfläche aus unglasirten Dachpfannen mit Fugenverstrich 2,25 Mark, dasselbe glasirt 2,75 Mark.

Fig. 573.

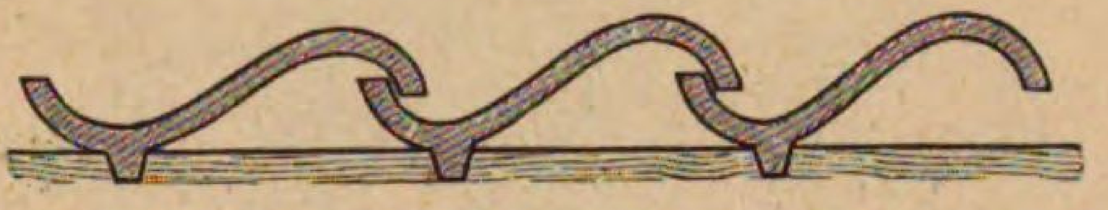


Fig. 574.



Sehr gut bewährt haben sich auch die **Wöterkeimer-Krampsteine** *), welche seit etwa 20 Jahren in Ostpreussen angewendet werden. Ihre Länge beträgt 34 Centim., ihre Breite 20 Centim. und ihre Stärke 13 Millim.; die Form derselben ist in Fig. 575 dargestellt. Diese Steine müssen sich 6 bis 8 Centim. überdecken, damit der Fugenverstrich, der am besten aus reinem Kalkmörtel hergestellt wird, nicht abbröckelt. Man legt die Steine nach Fig. 576 etwas schräg auf das Dach und müssen die übergreifenden Krampen etwa 8 bis 10 Millim. von der Fläche des nächsten Steines abstehen, weil sich sonst das Wasser zwischen beiden Steinen in die Höhe zieht. Es sind etwa pro □Meter Dachfläche 22 Stück Steine erforderlich und sind die Herstellungskosten dieses Daches nur wenig höher als beim Pfannendache.

Fig. 575.

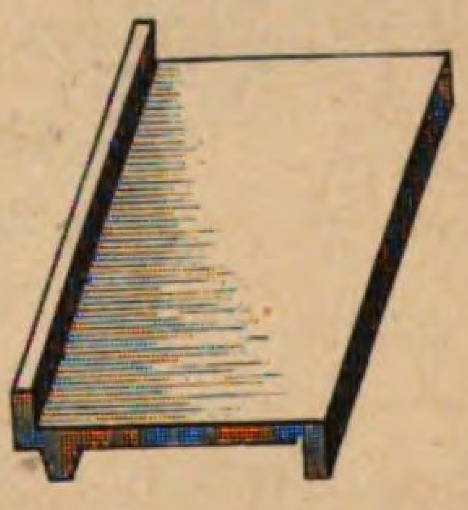
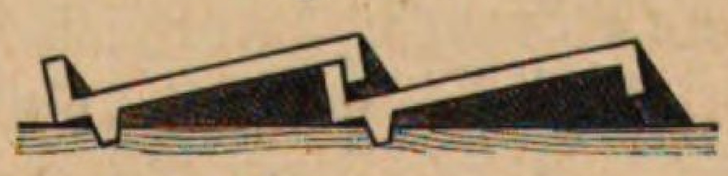
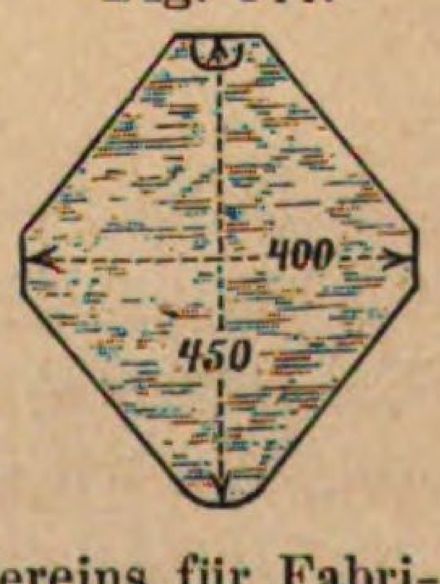


Fig. 576.



Nicht in allen Gegenden sind passende Thonlager zur Ziegelfabrikation vorhanden und des bedeutenden Gewichtes wegen vertragen die Ziegel keine weiten Transporte, man hat daher in thonarmen Gegenden die Ziegel durch Cementgussplatten ersetzt. Dies geschah bereits vor 27 Jahren in **Staudach** am Chiemsee, weshalb solche Eindeckungen auch Staudacher Cementplatten **) genannt werden. Die Form der Platten, welche von Herrn **A. Kroher** in Staudach ausgeführt und als sehr zweckmässig empfohlen wird, ist in Fig. 577 dargestellt. Die Platten erhalten 12 bis 15 Millim. Stärke und werden am oberen Rande mit einer ca. 4 Millim. breiten und ebenso tiefen Nuthe versehen, so dass der vorstehende Theil als sog. Wasserschlag dient, hierdurch wird das bei heftigem Regensturm unter die Ueberdeckung getriebene Wasser

Fig. 577.



*) Deutsche Bauzeitung 1869. S. 471; aus dem »Notizblatt des deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln etc.« Jahrg. V, Heft II.

**) Deutsche Bauzeitung 1868. S. 510; ferner 1870 S. 96, 107 und 117; sowie 1871. S. 295 und 1872. S. 51.

aufgehalten und wieder hervorgeleitet. In neuerer Zeit werden auf der Rückseite der Platten noch Aussparungen angebracht, wodurch deren Gewicht sich bedeutend verringert; solche Platten sollen sich unter allen Umständen sehr gut bewährt haben und stellen sich nicht theurer als Pfannendächer. Eingedeckt werden diese Platten auf Lattung, in ähnlicher Weise wie beim Schablonenschiefer, Fig. 586, wobei die angegossenen Nasen der Platten hinter die Latten greifen.

Eine andere Form der Cementplatten, nach dem Prinzip der italienischen Dächer, ist von dem Herrn Ober-Berg- und Baurath **Kind** in Berlin in Vorschlag gebracht und von dem Fabrikanten Herrn **P. Jantzen** in Elbing ausgeführt. Das erste derartige Dach wurde für das Wohnhaus des Herrn Baurath **Steenke** in Zölp angefertigt und hat sich sehr gut bewährt. Fig. 578 zeigt die Eindeckung dieses Daches, dessen Platten nur 11 bis 13 Millim. dick sind, dessen Gewicht pro □Meter Dachfläche 37,5 Kilogr. beträgt; die Eindeckung kostete pro □Meter Dachfläche ca. 2,3 Mark. Zu diesen Cementplatten wird ein schnell bindender und langsam erhärtender Cement als besonders geeignet empfohlen und müssen dieselben in gusseisernen oder stählernen Formen gegossen werden, damit die Platten und Deckel gut an- und ineinander passen. Der Bruch hat nur 3% betragen, obgleich die Platten bei der Eindeckung erst 6 Wochen alt waren. Die Deckel haben unten eine Breite von 10,4, oben von 5,2 Centim.; hinten sind dieselben geschlossen, damit die seitlichen Leisten mehr gegen Abbrechen gesichert werden. Für den First sind eigene Formstücke nach Fig. 579 ausgeführt, ebenso für die Kehlen nach Fig. 580, wie auch eigene Leisten für die Giebel und Schornsteine angefertigt wurden, letztere sind in Fig. 578 angedeutet. Solche Anschlüsse möchten aber wohl einfacher aus Zinkblech herzustellen sein.

Fig. 578.

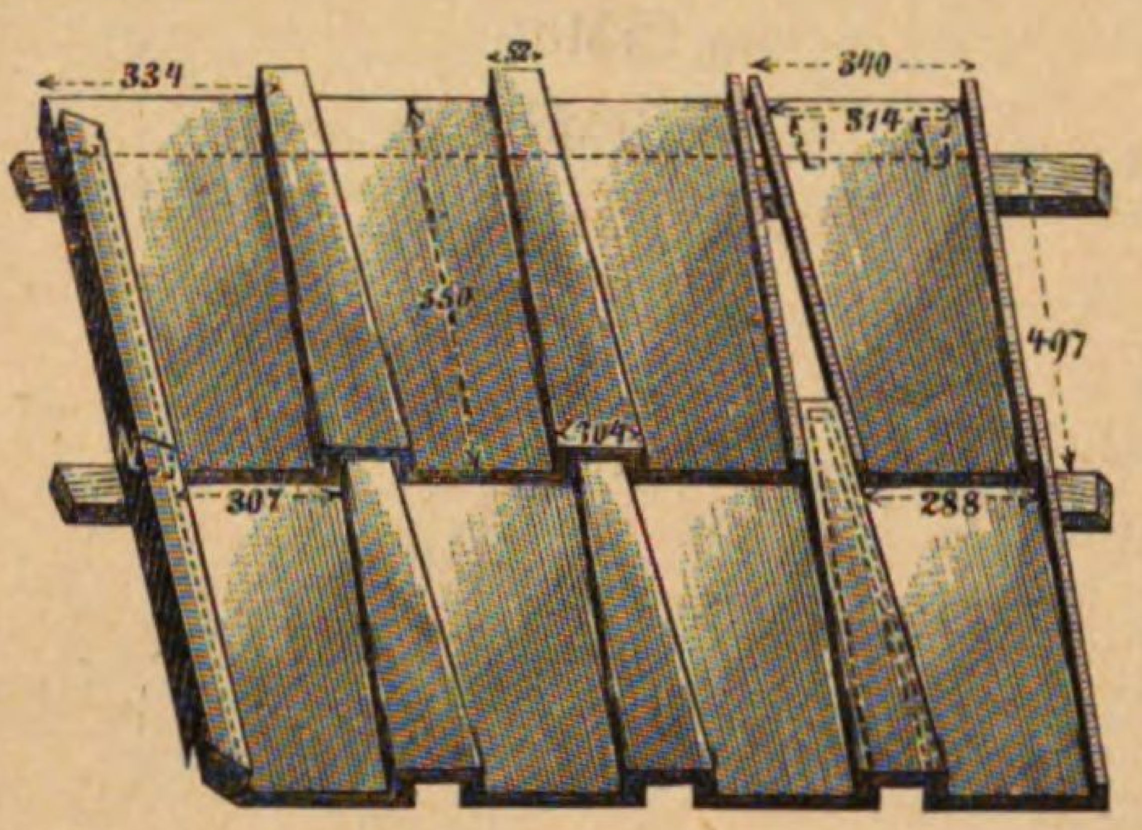
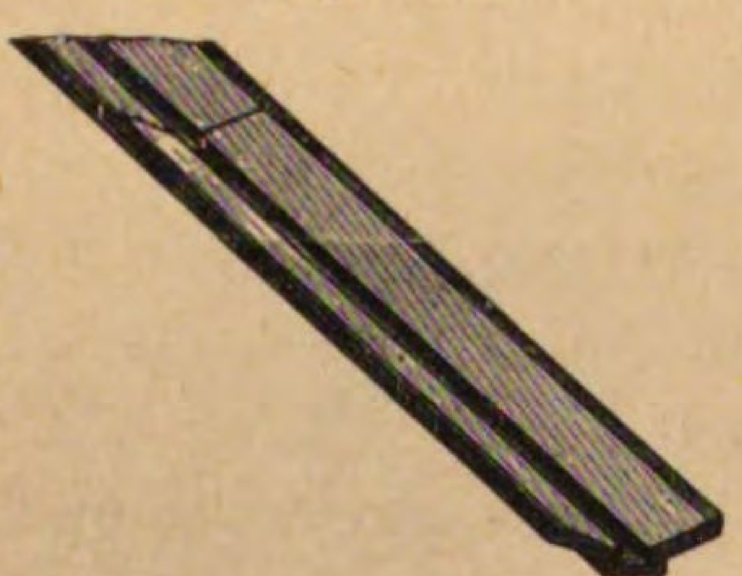


Fig. 579.



Fig. 580.



Eine ganz ähnliche Eindeckung aus Cementplatten hat Herr Bauinspector **Borchardt** in Swinemünde schon vor 19 Jahren für ein dortiges Sommerhaus ausgeführt, die sich ausnehmend gut bewährt haben soll. Die Neigung dieser Dächer kann ziemlich gering sein und braucht beim Satteldache nur $^1/_4$ der Gebäudetiefe zu betragen.

Wenn man die hell-silbergraue Farbe der Cementplatten nicht wünscht, so empfiehlt Herr Baurath **Steenke** einen Anstrich von Steinkohlentheer und Portlandcement, der von ihm mit grossem Erfolg für Pappdächer angewendet ist. Man erwärmt den Steinkohlentheer und setzt unter stetem Umrühren zu 10 Kilogr. Theer 18 Kilogr. Portlandcement, welche Mischung sofort verstrichen wird.

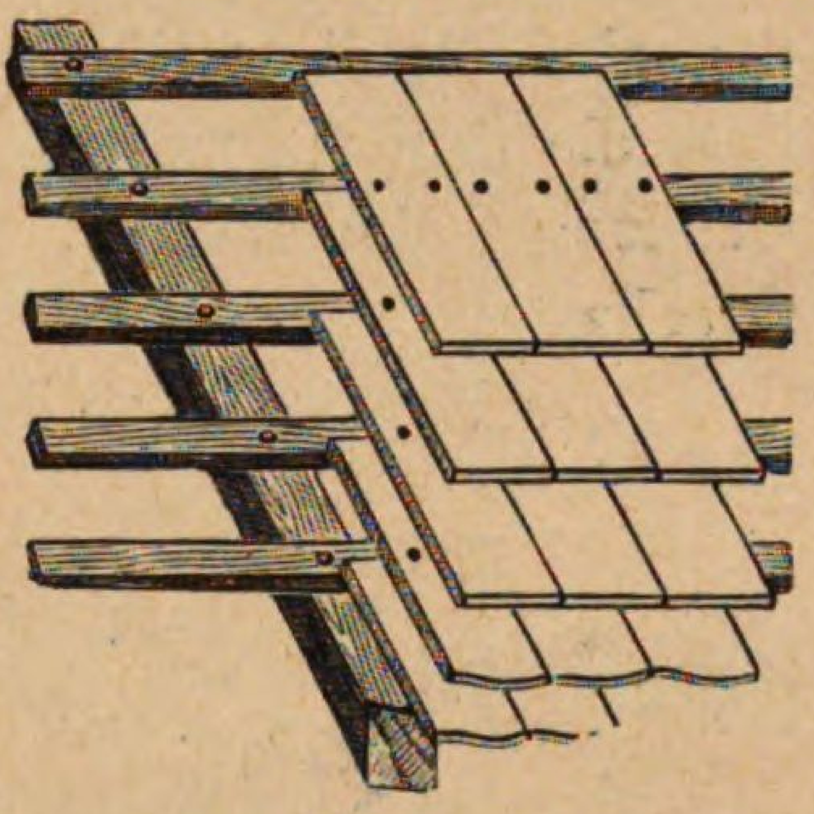
§ 87. Eindeckung der Schieferdächer.

Schieferdächer dürfen nicht zu flach genommen werden; zweckmässig wird für Satteldächer die Dachhöhe = $^1/_4$ bis $^1/_5$ der Gebäudetiefe gemacht, wenn **englischer** Schiefer und **Doppeldeckung** angewendet wird, während bei **einfacher** Deckung mit engl. oder meiningen'schen Schablonenschiefer $^1/_3$ bis höchstens $^1/_4$ zulässig ist. Für ordinären Schiefer, oder für Dächer in rauheren Gebirgsgegenden, ist bei **einfacher** Deckung nur $^1/_2$ bis $^2/_5$ der Gebäudetiefen als Dachhöhe zu empfehlen. Wenn Wasserwege vorhanden sind und daher die Transportkosten nicht zu hoch werden, so ist der englische Schiefer dem deut-

schen vorzuziehen, da bei demselben geringere Dachneigungen zulässig sind. Guter Schiefer muss fleckenlos, insbesondere kiesfrei und von gleichmässiger Stärke sein; er darf im Feuer nicht springen und nur wenig Wasser in sich aufnehmen. Dunkelblaue und dunkelgraue Schiefer sind besser als die helleren; von den bunten Schiefern ist namentlich der rothe englische empfehlenswerth; schwarze Schiefer springen leicht und ziehen die Feuchtigkeit stark an. Obgleich kleinere Schiefer ein schwereres Dach geben, so sind sie doch für hoch und frei liegende Gebäude den grösseren vorzuziehen, weil sie den Stürmen wegen der vermehrten Befestigungsstellen und der kürzeren Hebelarme besseren Widerstand leisten und daher nicht so leicht gelockert werden.

Die Schiefer werden entweder auf Latten oder auf Schaalung eingedeckt und mit ca. 4 Centim. langen **geschmiedeten** und **verzinkten** Nägeln befestigt. Beim **einfachen** Dache erfolgt die Nagelung etwa 15 Millim. von den oberen Kanten entfernt, beim **Doppeldache** am besten etwas über der Mitte der Schiefer, nach Fig. 581; diese letztere Nagelung ist bei den Gebäuden der hannoverschen Eisenbahnen mit günstigem Erfolge angewendet. Die Lattung ist so gewählt, dass die oberen Schiefer jeden 2. darunter liegenden um ca. 10 Centim. überdecken, wobei die Schiefer so gelegt werden, dass die Nägel gleichzeitig die obere Kante der darunter liegenden Steine mit festhalten; der Sturm kann die in dieser Weise genagelten Schiefer also nicht leicht bewegen und losreissen, da der Angriffshebelarm nur geringe Länge hat; natürlich müssen die Nägel möglichst platte Köpfe haben, damit die Steine fest aufeinander liegen. Unter dem Dache sind die Fugen zwischen Lattung und Schiefer sorgfältig mit Cement verstrichen. Ein ähnliches Schieferdach für das braunschweiger Schloss kostete incl. Lattung, ohne Fugenverstrich, im Jahre 1867 pro □Meter Dachfläche 4,54 Mark, in Berlin kostet dasselbe jetzt 5 Mark.

Fig. 581.



Wird Schiefer auf Schaalung gedeckt, so muss vor Allem das Werfen der Better möglichst verhindert werden, daher dürfen die gehörig ausgetrockneten Bretter nicht unter 25 Millim. dick und nicht über 20 Centim. breit sein; besonders ist auf gleichmässige Stärke derselben zu achten und sind deren Stösse zu verschieben; in den Kehlen und an den Brandmauern sind Kehlbretter anzubringen. Zur Befestigung der Bretter werden zweckmässig vierkantige Nägel von 7 bis 8 Centim. Länge verwendet.

Wenn die Nagelung der Schiefer nicht sehr sorgfältig ausgeführt wird, so scheuern die Steine durch ihre Bewegung während anhaltenden Windes die Zinkhülle der Nägel durch und eröffnen der Feuchtigkeit Zutritt zu dem Eisen, wodurch der Nagelkopf leicht abrostet. Auf der Pariser Ausstellung von 1867 wurde die Aufmerksamkeit der Fachmänner auf Schieferdächer gelenkt, die mittelst **Haken** eingedeckt waren. Solche Deckungen waren bereits seit einigen Jahren in Frankreich eingeführt und haben sich seitdem auch in Deutschland ausserordentlich gut bewährt. Das beste Hakensystem ist das von **Mauduit** und **Béchet***) in Paris angewendete, bei dem die 8 bis 11 Centim. langen und ca. 2 Millim. starken Haken nach Fig. 582 aus Kupfer- oder Messingdraht oder aus verzinktem Eisendraht hergestellt werden. Diese Haken haben bei Anwendung von Schaalung eine rechtwinklig gestellte Spitze *a*, welche in die Schaalung eingetrieben wird; bei Lattungen wird das spitze Ende noch einmal umgebogen, so dass ein Haken entsteht, der hinter die Latten greift.

Fig. 582.

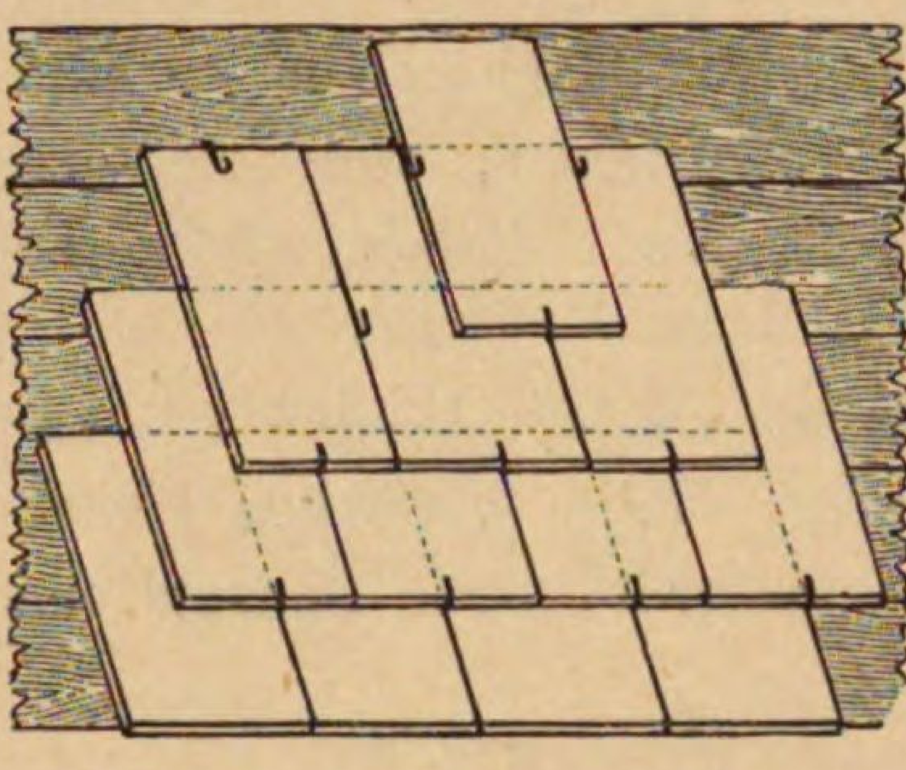


Die Eindeckung beim Doppeldache mit parallel zum First laufenden Schichten erfolgt

*) Förster's Bauzeitung 1865. Heft 1. — Einen sehr eingehenden und lehrreichen Artikel über Schiefereindeckungen mittelst Haken, vom Herrn Landbaumeister **Wanckel** in Zwickau, findet man in der Deutschen-Bauzeitung 1868. S. 161 u. 175.

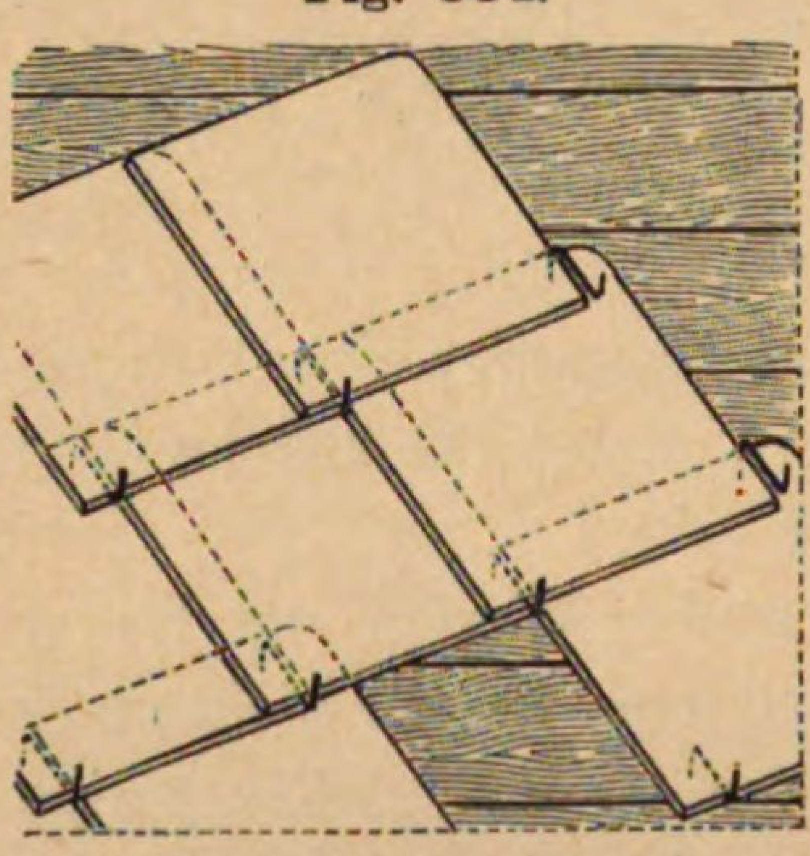
in der Weise, wie dies Fig. 583 darstellt; jeder Schiefertafel entspricht nämlich ein Drahthaken, dessen den Haken bildender kurzer Theil sichtbar bleibt, während der längere Theil in der Stossfuge zwischen 2 Schiefern liegt, daher nicht aufträgt und somit die Schiefer dicht aufeinander zu liegen kommen, was bei der Nagelung nicht der Fall ist. Indem jede Schiefertafel durch den unteren Haken gegen Herabrutschen gesichert ist und ausserdem durch 2 obere Haken seitlich gehalten wird, kann es den Stürmen grossen Widerstand entgegen setzen, und doch können die einzelnen Steine mit grosser Leichtigkeit ausgewechselt werden, denn man braucht nur den unteren Haken eines Steins aufzubiegen, um denselben herauszunehmen; bricht hierbei einmal ein Haken, so kann er leicht durch einen andern ersetzt werden. Die grossen englischen Schiefer 61 × 30,5; 56 × 28; 51 × 25,5 Centim. sind für diese Eindeckung besonders zu empfehlen und ist es ein grosser Vortheil, dass die Schiefer nicht von Nagellöchern durchbrochen werden, also immer wieder Verwendung finden können. Für Latten aus Winkeleisen ist diese Eindeckungsart besonders zweckmässig.

Fig. 583.



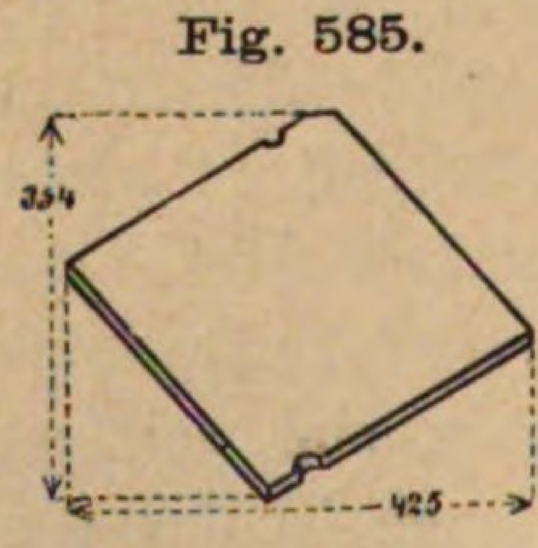
Herr **Wanckel** hat diese Eindeckungsmethode auch für das schräg gedeckte einfache Dach angewendet, da dasselbe billiger und in einem grossen Theile Deutschlands üblich ist. Dasselbe gewährt den Vortheil, dass das Regenwasser, welches sich stets die Schieferkanten entlang hinzieht, wegen deren freien und schrägen Lage nicht nur schneller abfliesst, sondern auch nach der Mitte des nächstfolgenden Steines geleitet wird und vermöge der Capillarität nur geringes Bestreben findet, sich unter die Steine zu ziehen. Bei den parallel zum First eingedeckten Schichten ist dieses Bestreben grösser und durch Gefrieren des untergezogenen Wassers werden oft die Tafeln zersprengt.

Fig. 584.



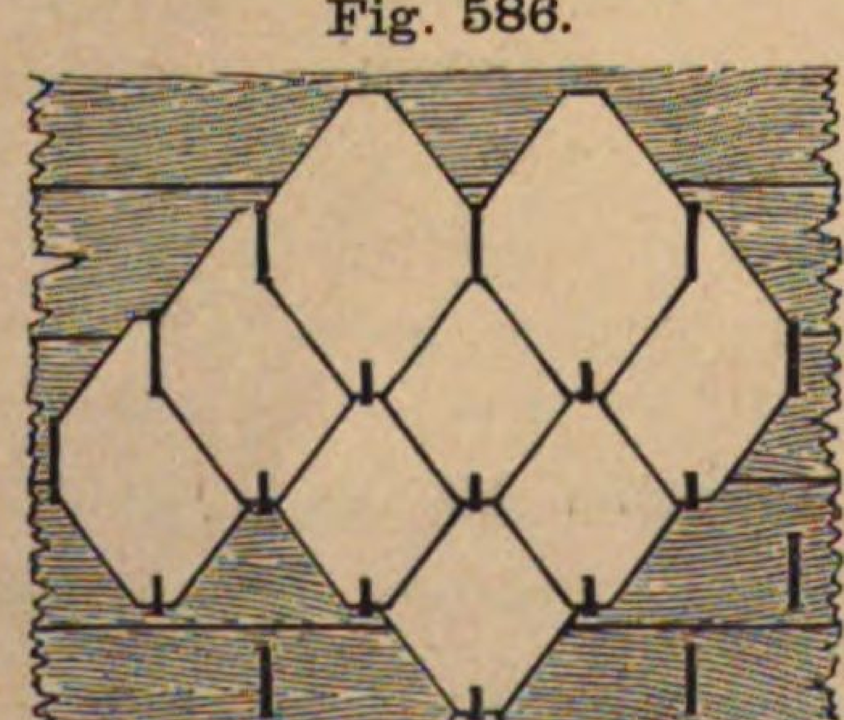
Wie in Fig. 584 angedeutet, ist auch bei der schrägen Eindeckung für jeden Schiefer nur **ein** Drahthaken nöthig, der in der Stossfuge zweier, in gleicher Horizontallinie, aber verschiedenen Schichten befindlichen Dachsteine liegt, wodurch auch hier die Schiefer dicht aufeinander zu liegen kommen. Herr **Wanckel** liess in jedem Schiefer oben und unten nach Fig. 585 kleine Kerben einhauen, in welche die Haken eingreifen, damit die Schiefer gegen Herabrutschung und Drehung gesichert sind. Diese Eindeckung erfordert etwas sorgfältigere Arbeit und ist das Einziehen neuer Schiefer hier etwas umständlich.

Fig. 585.



Die Trauf-, Walm- und Firstschichten wurden bei diesen Dächern durch Nagelung befestigt; als Firstschiefer sind die Stücke, welche von 1,18 Meter Länge geliefert und aufgeschraubt werden, besonders zu empfehlen.

Fig. 586.



Beim sechseckigen Schablonenschiefer, der als einfaches Dach eingedeckt wird, lassen sich die Vortheile des mit Haken eingedeckten Doppeldaches ebenfalls verwerthen, indem man den sechseckigen Schablonenschiefer durch Verbrechen der Spitzen in achteckigen verwandelt, um den Haken nach Fig. 586 eine sichere Haltestelle zu geben; auch hier erhält jeder Schiefer nur einen Haken, die so angeordnet werden, wie es in Fig. 586 angedeutet ist. Für hochgelegene Gebirgsorte und Thürme haben sich die mit sechseckigem Schablonenschiefer und Nagelung eingedeckten Dächer **nicht** bewährt, während für derartige Lagen gerade das mit nicht zu grossem

ordinären Schiefer schräg eingedeckte Dach nach Hrn. **Wanckel** empfohlen werden kann. Die Hakeneindeckung ist an vielen Orten und namentlich in stürmischen Gegenden mit dem günstigsten Erfolge angewendet, und betragen die Mehrkosten gegenüber der Nagelung noch nicht 0,2 Mark pro □Meter Dachfläche.

Nach Hrn. **Wanckel** ist in den unteren Schichten der Dachfläche etwas mehr, in den oberen etwas weniger Ueberdeckung zu geben als in den mittleren Schichten. Für das **Doppeldach** empfiehlt derselbe als geringste Ueberdeckung in der 3. Schicht (Fig. 583) bei der:

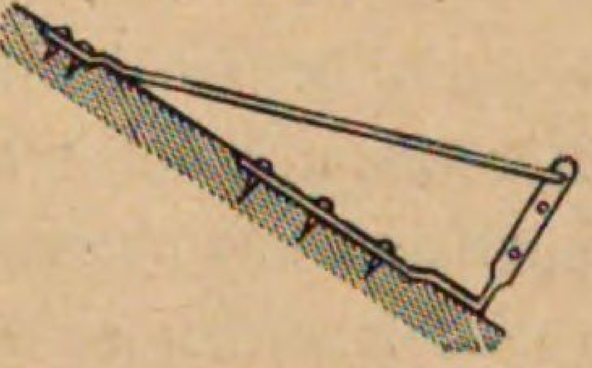
Dachhöhe = $^1/_6$, $^1/_5$, $^1/_4$, $^1/_3$, $^1/_2$.
Ueberdeckung = 95 88 80 70 60 Millimeter.

Für **einfaches** deutsches und englisches Schablonendach bei $^1/_4$ Dachhöhe 110 Millim. in der Fussschicht, im Uebrigen 95 Millim.; bei $^1/_3$ Dachhöhe 80 bis 82 Millim. in der Fussschicht, im Uebrigen 70 Millim.; bei $^1/_2$ Dachhöhe 70 Millim. in der Fussschicht, im Uebrigen für Schablonenschiefer 70, für ordinären Schiefer 60 Millim. Für deutsches Dach von ordinärem gebirgischen Schiefer bei $^2/_5$ oder $^1/_2$ Dachhöhe in der Fussschicht 82, im Mittel 70 und oben 53 Millim.; bei sehr kleinen Steinen entsprechend weniger.

Da Lattung billiger ist als Schaalung, so dürfte die Erstere in solchen Gegenden, wo Nebel und Regen vorherrschend sind, vorzuziehen sein, da das Austrocknen der Schiefer durch die Lattung begünstigt wird. In rauhen und schneereichen Gegenden aber ist Schaalung zweckmässiger, weil bei aller Sorgfalt das Einwehen des Schnees in die Dachräume bei Lattungen nicht leicht zu vermeiden ist.

Auf jeden Sparren deckt man zweckmässig ein Schneefangeisen nach Fig. 587 ein, damit herabrutschende Schneemassen die Traufkanten von den Fusssteinen nicht abbrechen und die Passage nicht unsicher machen. Diese Schneefangeisen können aus Flacheisen von 5 × 1 Centim. Stärke hergestellt werden und oben noch durch zwei 10 Millim. starke Eisenstäbe mit dem Sparren verbunden sein.

Fig. 587.



Die Preise der Schieferdächer betragen in Berlin pro □Meter Dachfläche auf Lattung 4,3 bis 5 Mark incl. Latten; auf Schaalung 4,0 bis 4,7 Mark excl. Schaalung, je nach der Art der Eindeckung. Die Dachschaalung von 2,5 Centim. starken rauhen gesäumten tannenen Brettern kostet allein pro □Meter 2,5 Mark; dieselbe gespundet kostet 3 Mark.

§ 88. Eindeckung der Pappdächer.

Ein sehr billiges und feuersicheres Dachdeckungsmaterial ist die sog. Steinpappe oder asphaltirte Dachpappe, die in Rollen von 10 bis 50 Meter Länge und bis zu 1 Meter Breite im Handel vorkommt. Werden Pappdächer zweckmässig und sorgfältig eingedeckt und nach je 4 bis 5 Jahren mit einem neuen Anstriche versehen, so haben dieselben eine grosse Dauer und erfüllen alle Anforderungen, die man an ein gutes Dach stellen kann. Zwar sind viele Klagen über Pappdächer laut geworden, doch lag die Ursache der Nichtbewährung dieser Dächer dann entweder in dem schlechten Pappmaterial, oder in der sorglosen, fehlerhaften Eindeckung und Behandlung der Dachpappe*).

Gute Dachpappe muss ein langfaseriges Gefüge und $2^1/_2$ bis 3 Millim. Stärke haben; sie muss sich weich und doch festgearbeitet anfühlen und darf beim Zusammenbiegen keine Brüche erhalten; ist die Pappe hart oder bricht sie während man sie zusammenbiegt, so ist die Papiermasse der Billigkeit wegen mit Stroh versetzt oder aus sonstigen schlechten Bestandtheilen hergestellt. Die Asphaltirung der Dachpappe hat nicht minder Einfluss auf deren Güte; häufig wird asphaltirte Dachpappe annoncirt, die einfach in

*) Lehrreiche Artikel über Pappdächer findet man in der Deutschen-Bauzeitung 1868. S. 213, ferner S. 335 und 447.

Steinkohlentheer getränkt ist, der nicht einmal von den Wasserbestandtheilen befreit war; gut asphaltirte Dachpappe muss gleichmässig mit feinem Sandkorn bestreut sein und zeigt eine blanke Farbe; eine matte Farbe ist der Beweis, dass die Pappe nur mit Steinkohlentheer getränkt ist, ein lappiges Anfühlen beweist, dass der Theer wasserhaltig war. Gut asphaltirte Pappe nimmt nicht leicht Wasser auf, wiegt man daher die trockne Pappe und legt sie dann 24 Stunden in's Wasser, so darf sie nach dem Herausnehmen keine Gewichtsveränderung zeigen.

Von den verschiedenen Eindeckungsmethoden ist diejenige die einzig sichere, bei welcher die Pappe in langen, vom First bis zur Traufkante reichenden Feldern, zwischen dreikantige Deckleisten aufgebracht und deren zusammenstossende Ränder mit einem Deckstreifen genagelt und überklebt werden, wie dies in Fig. 588 im Querschnitte angedeutet ist. Diese Deckstreifen werden mit einem festen Asphaltkitt, die Pappfelder aber mit einem leichteren, mehr Theer enthaltenden Ueberzuge versehen und übersandet, doch muss das Dach auch ohne diesen Kitt und Ueberzug völlig regendicht sein, da derselbe niemals zur Dichtung beitragen, sondern einzig und allein Pappe und Nagelung vor den zerstörenden Einflüssen der Atmosphäre und gegen Beschädigung durch etwa auf das Dach fallende harte Körper schützen soll. Die aus mindestens $2^1/_2$ Centim. starken, gespundeten oder gedübelten Dielen hergestellte Schaalung muss auf der Oberfläche möglichst eben sein, damit die Pappe überall gut aufliegt; die Bretter müssen daher möglichst gleichmässige Stärke haben und müssen frei sein von Baumkanten und Astlöchern; eine directe Nagelung der Pappe auf die Schaalung muss durchaus vermieden werden und sind nur verzinkte oder wenigstens verzinnte Nägel zu verwenden.

Fig. 588.



Nach Hrn. **Berndts**, Baumeister in Danzig, wird die beste Krustirung aus wasserfreiem Steinkohlentheer mit 15 % Asphalt versetzt, hergestellt. Diese Masse wird mit grossen Bürsten möglichst heiss in dünner Lage auf die fertig genagelte Dachfläche aufgetragen, nachdem zuvor sämmtliche Nagelungen mit Asphalt überzogen sind, darauf wird der noch nasse Anstrich sehr gleichmässig mit gesiebtem reinen, trockenen Sande bestreut; besonders muss darauf geachtet werden, dass kein thonhaltiger feuchter, sondern scharfer trockner Mauersand zur Verwendung kommt. Hr. Baurath **Steenke** in Zölp hat mit grossem Erfolge als Krustirungsmasse zu 100 Kilogr. Steinkohlentheer 180 Kilogr. Portlandcement unter stetem Umrühren zugesetzt und diese Mischung möglichst heiss verstrichen.

Ein neues Pappdach muss 2 Jahre nach der ersten Krustirung neu überzogen werden; wenn diese beiden Ueberzüge richtig ausgeführt sind, so wird es nur nöthig den Ueberzug alle 4 bis 5 Jahre zu erneuern, jedoch ohne dass dieser Anstrich mit Sand bestreut wird, denn die Erfahrung lehrt, dass, wenn bei den wiederholten Anstrichen Sandbestreuung stattfindet, mit der Zeit Sprünge in der Krustirung entstehen, die auf das Nachtheiligste die Dichtigkeit des Pappdaches gefährden, indem solche schwer mit der Krustirungsmasse wieder auszufüllen sind, desshalb frei bleiben, das Wasser in sich aufnehmen und schliesslich die Pappe erweichen lassen. Man darf auch nicht glauben, ein doppelter Ueberzug könne das Dach nur besser und dauerhafter machen, denn eine dicke Kruste erhält bei Temperaturänderungen Risse, und da die einzelnen Krustentheile fest an der Pappe haften, so wird diese mitzerrissen; Reparaturen sind dann schwer auszuführen, weil die Pappe durch die Kruste fast unzugängig ist. Man muss also mit dem neuen Anstriche eines Pappdaches warten, bis der alte zu schwinden beginnt und die Pappe roh zu Tage tritt, auch muss der Anstrich kochendheiss und dünn aufgetragen werden. Namentlich muss man ganz wasserfreien Steinkohlentheer zu dem Ueberzuge verwenden, da sonst die sich beim Auftragen entwickelnden Wasserdämpfe eine innige Verbindung des Ueberzuges mit der Pappe nicht zulassen.

Bei Reparatur der Pappdächer können die schadhaften Stellen, wenn sie klein sind, nur allein durch Unterschieben oder Aufkleben nicht von Pappe, sondern von einigen Lagen theergetränkten Packpapiers mit Asphaltkitt gedichtet werden; ist der Schaden

grösser, so reparirt man das Dach dadurch, dass man an den beschädigten Stellen die Pappbahn in ihrer ganzen Breite zwischen den Deckleisten durch eine neue ergänzt, die etwas länger ist als der Riss. Dieselbe wird am obern Ende unter die alte Bahn geschoben und mit Asphaltkitt verklebt, auf die Deckleisten aber neue Streifen genagelt; diese Reparatur ist in jedem Falle einfach und zuverlässig.

Bei dem mit dreieckigen Leisten eingedeckten Pappdache rechnet man pro □Meter Dachfläche 1,05 □Meter Pappe, 1,1 lfd. Meter Deckstreifen. Der Preis des fertigen Pappdaches incl. Schaalung beträgt pro □Meter ca. 3 bis 4 Mark.

§ 89. Eindeckung der Holz-Cement-Dächer.

Der sogenannte Holz- oder Vulkan-Cement bildet den Hauptbestandtheil dieser Dächer und ist eine harzige, für Wasser undurchdringliche, durch Wärme bis zur Dünnflüssigkeit schmelzbare Masse. Diese wird zur Dachdeckung in der Weise angewendet, dass sie zwischen 4 Papierlagen gestrichen, und dass so eine einzige zusammenhängende, über die ganze Dachfläche sich erstreckende Tafel hergestellt wird, welche die wasserdichte Eindeckung bildet.

Solche aus »Harzpapier« gebildete Eindeckungen sind zuerst von dem Bauinsp. **Sachs***) in Berlin ausgeführt, der die Sparren mit einer Windeldecke versah, damit die Papierdecke nicht durch das Werfen der Schaalung zerrissen werde. Konnte aber in Folge einer kleinen Undichtigkeit der Wind unter die Papierdecke greifen, so wurde dieselbe zusammengerollt und von dem Gebäude hinunter geworfen. Diesem Uebelstand wurde im Jahre 1839 von **Häusler** in Hirschberg dadurch abgeholfen, dass er die Papierdecke an den Rändern mit Rasen und an den übrigen Theilen mit Erdboden überschüttete, wodurch er auch noch das durch die Sonnenwärme veranlasste Schmelzen der Harzmasse verhinderte. Da aber diese schwere Aufschüttung ein sehr starkes Dachwerk erforderte, so mussten erst noch weitere Verbesserungen bei dieser Deckungsart erdacht werden, bevor sie sich weiteren Eingang verschaffen konnte. Die eigentlichen Erfinder des »Holz-Cementes« sollen, nach Hrn. **J. Manger**, die Herren **Fr. Erfurt** und **Mathäi** in Straupitz bei Hirschberg sein, und vervollkommnete namentlich der verstorbene Geh. Regierungs- und Baurath **Krause** die Art der Eindeckung, indem derselbe die Gespärre nach der Mitte des Gebäudes zu neigte, hier ein einziges Abfallrohr anbrachte, welches das Regenwasser in einen unterirdischen Abzugkanal leitete und somit die ziemlich theuren Dachrinnen entbehrlich machte. Diese Anordnung soll sich selbst in schneereichem Gebirgsklima sehr gut bewährt haben.

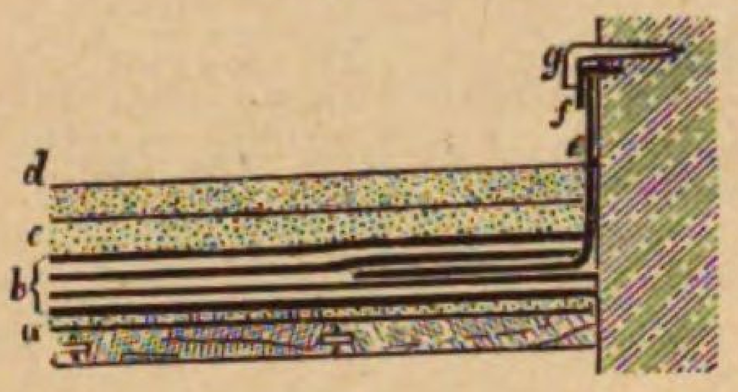
Holz-Cement-Dächer erhalten nur eine Neigung von $^1/_{25}$ bis höchstens $^1/_{15}$, oder die Dachhöhe beträgt bei Satteldächern $^1/_{50}$ bis $^1/_{30}$ der Gebäudetiefe. Die 15 bis 20 Centim. hohen Sparren sind 0,8 bis 1,1 Meter von Mitte zu Mitte entfernt und werden mit mindestens 2,5 Centim. starken, trockenen, gespundeten Brettern verschaalt. An der Oberfläche muss diese Schaalung möglichst eben sein; vorstehende Nagelköpfe oder Kanten dürfen durchaus nicht vorkommen. Die Erwärmung des Holz-Cements geschieht auf dem Dache selbst, abwechselnd in 2 Kesseln über einem Eisenblechofen, in dem ein gelindes Holzfeuer zu unterhalten und streng darauf zu achten ist, dass der Cement nur heiss und dünnflüssig nicht aber bis zum Kochen und Blasenwerfen erhitzt wird, weil er sonst seine Bindekraft verliert.

Das zur Dachdeckung dienende, aus zähen Stoffen angefertigte Rollenpapier hat 60 bis 95 Meter Länge und ca. 1,4 Meter Breite. Die Eindeckung erfolgt nun in der Weise, dass zuerst die Bretterschaalung mit einer 3 Millim. starken Schicht trocknen, feinen Sandes übersiebt wird, um die Papierdecke von der Holzschaalung zu isoliren, damit das

*) Vergl. den Artikel »Anwendung des Holz-Cements zur Bedachung«; Deutsche-Bauzeitung 1869. S. 421, sowie auch S. 309.

Holz sich frei unter der Papierdecke bewegen kann, ohne dieselbe zu verletzen. Auf dieser Isolirschicht *a* Fig. 589 wird von einer Dachkante zur andern das trockene Papier so aufgerollt, dass eine Rolle die andere um etwa 16 Centim. überdeckt, wobei das Papier nur an den etwa vorhandenen Traufkanten mit kleinen breitköpfigen Nägeln befestigt wird, um es gegen ein Untergreifen des Windes zu schützen. Bei der 2. Papierlage wird die Rolle der Länge nach in 2 je 0,7 Meter breite Streifen getheilt, damit man einen bessern Verband erzielt. In dieser Schicht überdecken sich die Rollen etwa 10 Centim.; die 3. Lage wird wieder mit Rollen in der ganzen Breite und die 4. Lage mit Rollen in halbirter Breite durchgeführt, und zwar immer mit 10 Centim. breiter Ueberdeckung. Vermittels einer langhaarigen weichen Bürste, die an einen langen Stiel schräg befestigt ist, wird der erwärmte Holz-Cement auf die unterste, trocken verlegte und ebenso überdeckte Papierschicht, dünn und gleichmässig aufgetragen, und zwar in der Breite des darüber zu legenden Papierstreifens; unmittelbar hinter dem Bürsten rollt ein zweiter Arbeiter den Bogen auf und drückt ihn mit der flachen Hand möglichst glatt auf der unteren Lage fest. Ist ein solcher Papierstreifen der 2. Lage fertig gelegt, so beginnt man mit dem nächstfolgenden 0,7 Meter breiten Streifen, der den ersteren um 10 Centim. überdeckt.

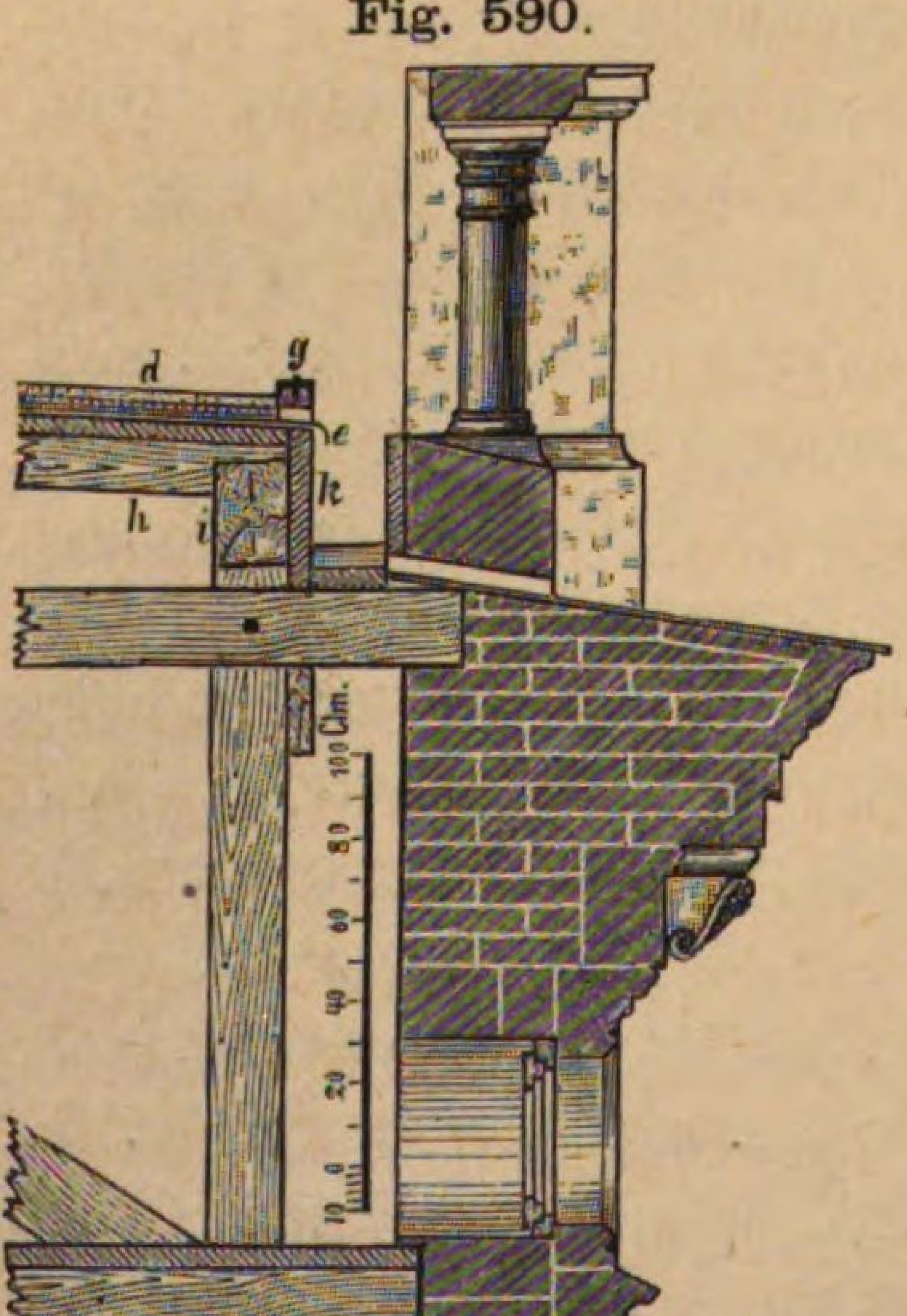
Fig. 589.



Hauptbedingung ist, dass die Arbeit sauber, ohne Falten und möglichst schnell ausgeführt wird, und muss auf den warmen Holz-Cement, sofort nach dem Aufstreichen der Bogen der nächsten Papierlage folgen, wenn eine sichere und dauerhafte Verbindung hergestellt werden soll. Die mit der Eindeckung beschäftigten Arbeiter tragen am zweckmässigsten Filzschuhe oder Lappen unter den Füssen, die oben zusammengebunden werden. Entstehen durch Unachtsamkeit der Arbeiter Risse in einer Papierlage, so müssen dieselben vor dem Aufbringen der nächsten Lage mit cementirten Papierstreifen ausgebessert sein.

Nachdem die 2. Papierlage auf dem Dache vollständig fertig gelegt ist, bringt man bei den nach innen geneigten Dächern Zinkblechdichtungen an den Mauern an, wie dies Fig. 589 andeutet. Es werden nämlich die ca. 18 Centim. breiten Zinkblechstreifen *e* im Winkel gebogen, so dass der verticale Schenkel etwa 8 Centim. Höhe erhält; ein in die Mauer eingreifender Zinkblechwinkel *f* der durch die Putzhaken *g* an der Mauer festgehalten wird, verhindert hierbei das Eindringen des Regenwassers hinter die Zinkdichtung, welche auf der Dachfläche mit etwa 15 Millim. langen Nägeln befestigt wird. Für die Schornsteine, Aussteigeklappen etc. sind ähnliche Zinkblechdichtungen erforderlich, die sämmtlich auf der 2. Papierlage aufgenagelt werden müssen. Findet die Wasserableitung in der Mitte des Daches durch ein einziges Abfallrohr von entsprechender Weite statt, so muss das Rohr etwa 10 bis 15 Centim. über das Dach hervorragen und wird dasselbe oberhalb der 4. Papierschicht ringsum mit kleinen Oeffnungen versehen, durch welche das Wasser aus der Kiesdecke in das Rohr gelangt.

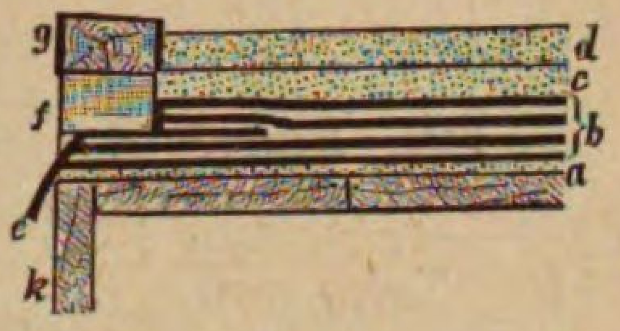
Fig. 590.



Wenn das Dach nach dem Aeussern des Gebäudes zu geneigt ist und die Dachrinnen etwa wie in Fig. 590 hinter der Attika liegen, so wird, nachdem die 2. Papierlage fertig gelegt ist, an der Traufkante auf diese ein Zinkblechstreifen *e* Fig. 591 von 16 bis 18 Centim. Breite aufgenagelt, in der Weise, dass das Zinkblech ca. 3 Centim. über die Wand *k* von der Dachrinne vortritt; dieser Theil wird nach unten gebogen, damit das abfliessende Wasser nicht unter die Schaalung dringen kann.

Nachdem diese Zinkbleche auf der 2. Papierlage festgenagelt sind, bringt man nacheinander die 3. und 4. Papierlage mittelst Holz-Cement auf die 2. Lage und auf die Zinkbleche, wobei das Papier an die Blechwinkel gut angepasst und mit erwärmtem Holz-Cement angestrichen werden muss. Die 4. Papierlage bleibt an den Traufkanten ca. 8 Centim. länger als die 3. und wird das vorstehende Ende um die 3. Schicht umgeschlagen, mit erwärmtem Holz-Cement überstrichen und dann auf die Zinkblechtraufkante aufgedrückt, worauf man dann die Trauflatten befestigt. Ist in dieser Weise die 4. Papierschicht vollständig fertig gelegt, so wird ihre Oberfläche ganz mit erwärmtem Holz-Cement überstrichen, und zwar in etwas stärkerer Lage, als es zwischen den Papierdecken geschehen ist; diese Schicht wird sofort mit Steinkohlengrus oder besser mit gestossener Schmiedeschlacke übersiebt, worauf erst, $1\frac{1}{2}$ Centim. hoch, feiner und darauf grober Bergkies im Ganzen bis zu 5 Centim. Höhe aufgeschüttet wird. Wenn Steinkohlengrus oder Schmiedeschlacke nicht leicht beschafft werden kann, so ist auch Kies allein genügend, doch muss derselbe ein lehmiges Bindemittel haben, oder mit Lehm gemischt sein, damit die Kieslage fest eingewalzt werden kann; man übersiebt die Kiesschicht auch wohl mit Staubkalk, nässt dieselbe und schlägt sie fest, oder anstatt mit Staubkalk kann man die Kiesschicht mit dünner Kalkmilch überbrausen und sie dann festschlagen.

Fig. 591.



Die feste Kiesschicht ist einerseits zum Schutze der Holz-Cementlage, andererseits desshalb nothwendig, weil durch Entziehung der atmosphärischen Einflüsse die Cementlage nach und nach eine metallartige Härte annimmt ohne ihre Biegsamkeit einzubüssen. Sollte im ersten Jahre nach der Eindeckung, der Holz-Cement in den 3 oberen Lagen durch ausserordentliche Sommerhitze in Fluss kommen, so findet der nach unten dringende Holz-Cement in den etwa 16 Centim. breiten Ueberdeckungen der untersten, trocken gebliebenen Papierlage Raum genug sich zu vertheilen.

In Fig. 589 und 591 ist *a* die 3 Millim. starke Isolirschicht aus feinem Sande, *b* sind die 4 Papierlagen mit zwischengestrichenem Holz-Cement, *c* ist die aus Kohlengrus und feinem Kies oder Sand bestehende Schicht und *d* die obere Schicht aus grobem Kies. Damit an der Traufkante bei *f* Fig. 591 der Kies durch heftige Regengüsse nicht heruntergespühlt werden kann, ist hier eine hölzerne Trauflatte *g* nöthig, die mindestens 5 Centim. hoch und 4 Centim. breit sein muss; dieselbe erhält unten in 30 bis 40 Centim. Abstand kleine Ausschnitte, welche unten 10, oben 5 Centim. weit sind, durch welche das Regenwasser abfliesst. Natürlich dürfen diese Latten nicht aufgenagelt werden, weil sonst die dichte Eindeckung durchbrochen würde, sondern man muss die Latten mittelst Zinkblech auf dem Traufbleche auflöthen; es ist überhaupt zweckmässiger, die Holzlatte durch einen Zinkblechstreifen der entsprechend mit Ausflussöffnungen versehen ist, zu ersetzen, derselbe lässt sich leicht mittelst Zinkwinkel auf die Traufbleche auflöthen.

Bei dem hermetischen Verschlusse dieser Dachdeckung muss unter allen Umständen für Luftzug unter der Schaalung gesorgt werden, damit ein etwaiges Stocken des Holzes verhindert wird. Das Holz-Cementdach Fig. 324, S. 160 hat unter der Traufe und an dem kleinen Dachreiter entsprechende Oeffnungen, durch welche die Luft unter der Dachschaalung circuliren kann.

In der Fabrik von Hr. **C. Schmidt** und **Comp.** in Hirschberg oder Gleiwitz kostet 1 Ctr. Holz-Cement 10 Mark und 1 Ctr. Dachdeckungspapier 25,5 Mark. Erforderlich sind pro □Meter Dachfläche ca. 2,8 bis 3,5 Kilogr. Holz-Cement und ca. 0,7 Kilogr. Deckpapier. Die fertige Holz-Cementeindeckung kostet, ohne die gespundete Schaalung, 3 bis 4 Mark pro □Meter Dachfläche.

Das Holz-Cementdach wird neuerdings vielfach angewendet, weil es sehr sicher ist, namentlich gegen Flugfeuer, und weil es fast gar keine Reparaturen erfordert. Ein fernerer Vortheil dieser Dachdeckung besteht noch darin, dass die Temperatur unter der Bedachung im Sommer ziemlich kühl, im Winter verhältnissmässig warm ist. Das Eigengewicht dieser Dachconstruction beträgt 120 bis 170 Kilogr. pro □Meter.

Auch zu anderen Zwecken, wie z. B. zu Gewölbeabdeckungen, zur Herstellung von Isolirschichten, zur Dichtung des Fussbodens der Waschküchen, die auf Balkenlagen stehen etc., eignet sich der Holz-Cement vorzüglich.

§ 90. Glaseindeckungen.

Die Auswahl der richtigen Glassorten ist für Oberlichtanlagen von grosser Wichtigkeit, denn ein geringer Mangangehalt des Glases veranlasst das Dunkelwerden desselben; schon 0,1 % Mangangehalt soll hinreichen, dass das Glas nach einer Reihe von Jahren durch die Sonnenstrahlen dunkel wird. Es ist daher zweckmässig, wenn man die Glassorten auf ihren Mangangehalt prüfen lässt. Das reine weisse Licht giebt diejenige Glassorte, welche im Durchschnitt einen schwach bläulichen Schein zeigt, anders gefärbte Glassorten bewirken eine entsprechende Färbung des Lichtes.

Das sehr oft zur Dacheindeckung verwendete **Rohglas** von 8 bis 14 Millim. Stärke hat nicht den hohen Grad der Durchsichtigkeit wie das **geblasene** Glas und stellt sich im Preise höher als das letztere; ausserdem aber springt es häufig, wenn es nicht so eingedeckt ist, dass es sich nach allen Seiten frei ausdehnen kann; die herabfallenden Glasstücke können dann durch ihr bedeutendes Gewicht unter Umständen gefährlich werden. Man hat aus diesen Gründen in neuerer Zeit, anstatt des Rohglases, das stärkste geblasene Glas zu Oberlichteindeckungen angewendet und lieber die Tafeln kleiner genommen, als es beim Rohglase gebräuchlich war. Die Tafeln des geblasenen **Dachglases** erhalten gewöhnlich eine Stärke von 3 bis 6 Millim., eine Länge von ca. 80 Centim. und eine Breite von 40 bis 60 Centim.; sie werden am besten ohne Kitt eingedeckt, damit sie sich frei ausdehnen können. Solche Glaseindeckung kostet pro □Meter Dachfläche 9 bis 10 Mark, während Rohglas 11 bis 13,5 Mark kostet.

Zur Eindeckung der Glastafeln verwendet man zuweilen die in Fig. 592 in 1/2 der wirkl. Grösse dargestellten Profile, welche von **Gabriel & Bergenthal** in Soest (Westfalen) gewöhnlich in Längen von 5,6 Meter gewalzt werden. Das Gewicht der Profile *A* und *B* beträgt pro lfd. Meter 3,5 Kilogr., während das Profil *C* nur 3,19 Kilogr. wiegt. Es kosten 1000 Kilogr. ca 260 Mark, doch variirt dieser Preis je nach den Grundpreisen des Schmiedeeisens; pro lfd. Meter kostet dieses Sprosseneisen also ca. 1 Mark. Die kleinen eingewalzten Rinnen der Sprossen sollen das durch die Kittfuge durchsickernde Regenwasser, oder auch das sich unter der Glasfläche bildende Schweisswasser abführen; das letztere kann aber nur in die Rinnen einfliessen, wenn die Glastafeln nicht direct auf die Sprossen, sondern auf kleine untergelegte Zinkblechstückchen aufliegen. In den meisten Fällen haben sich diese Sprossen nicht bewährt, weil die kleinen Rinnen durch Schmutzablagerung leicht verstopft werden; für Treibhäuser können diese Profileisen aber zuweilen zweckmässig sein. Die Verwendung einfacher ⊥-Eisen als Glassprossen ist in Fig. 9 und 10, **Blatt 12** dargestellt; die angehängte Rinne für das Schweisswasser, welche aus Zinkblech gezogen ist, hat sich vortrefflich bewährt.

Fig. 592.



Fig 593.



Da die als Façoneisen ausgewalzten Sprossen meistens umständlich zu beschaffen sind, besonders bei geringem Bedarf, so hat man dieselben auch aus Zinkblech mit Flacheiseneinlagen ausgeführt; die einfachste Art dieser Zinkblechsprossen in wirkl. Gr. zeigt Fig. 593, welche aber nur dann verwendet werden kann, wenn kein Schweisswasser abzuführen ist, im andern Falle müssen die Sprossen unten noch kleine Rinnen *b* erhalten, wie in Fig. 594 und 595, wobei die Zinkhülle in 2 Theilen hergestellt und bei *a* zusammengelöthet wird. Die Form Fig. 594 ist der folgenden vorzuziehen, indem die Flacheiseneinlage höher gehalten werden kann,

wodurch die Sprossen eine grössere Tragfähigkeit erhalten. Herr Schlossermeister **Mulack** in Berlin fertigt die in Fig. 596 dargestellten Sprossen ganz aus Zinkblech und zwar in 2,5 bis 7,8 Centim. Höhe zum Preise von 0,75 bis 1 Mark pro lfd. Meter. Die Glastafeln *a* können bei dieser zweckmässigen Sprosse auch mit Kittfalz eingedeckt werden, weil die Tafeln sich dadurch frei ausdehnen können, dass sie die federartig construirte Sprosse zusammendrücken; will man solche Sprossen tragfähiger haben, so lassen sich leicht Flacheisen darin einlegen, indem man die Sprosse nur ein wenig auseinander zu biegen braucht.

Fig. 594.

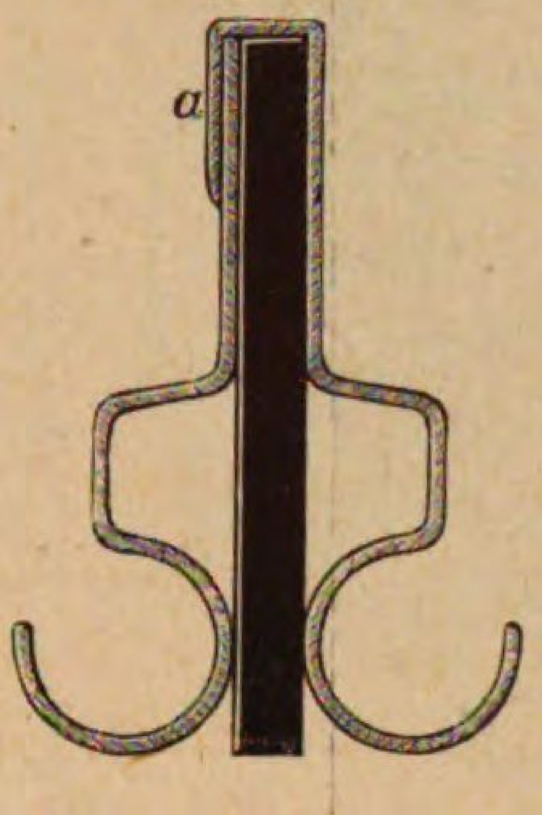


Fig. 595.

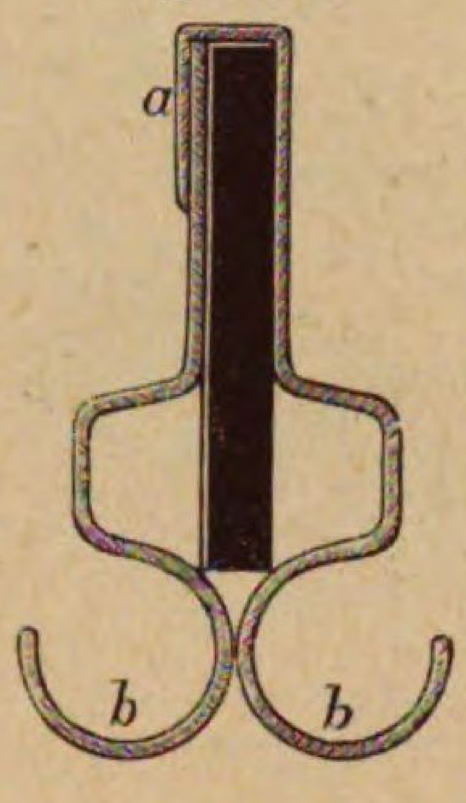
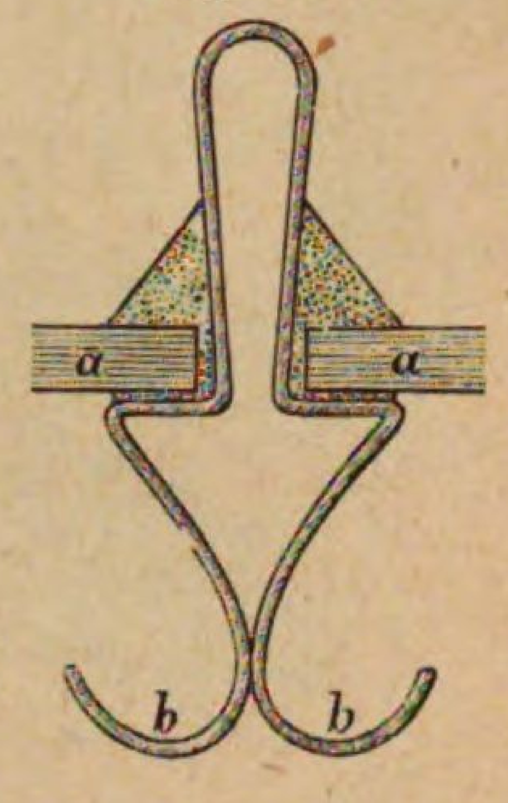


Fig. 596.



Bei den Oberlichtern der Bildergallerie des von **Schinkel** erbauten Museums zu Berlin, sind die in Fig. 597 in $^1/_4$ der wirkl. Grösse angedeuteten Sprossen zur Ausführung gekommen, dieselben bestehen aus einem Flacheisen, um welches gekröpftes Zinkblech gelegt ist, welches aus 2 Theilen hergestellt, sowohl das Auflager für die 1,26 Meter langen, 63 Centim. breiten, 10 Millim. dicken Rohglastafeln *a*, wie auch die Rinne *b* bildet, die das durchgesickerte Wasser abführt. Zur Abführung des Schweisswassers dienen die Querrinnen *c*, während die Kappen *d* das Regenwasser möglichst von den Sprossen abhalten. Die beiden Sprossentheile und die Kappe *d* sind oben durch Löthung miteinander verbunden, wogegen die Lang- und Querrinnen nur lose aufeinander liegen und sich daher beliebig dehnen können; jede Verwendung von Kitt ist bei dieser Eindeckung gänzlich vermieden, es wird daher das vom Winde unter die Tafeln gedrängte Wasser von den Rinnen aufgenommen und abgeführt. Als Hauptträger der Glastafeln *a* dienen die in Fig. 598 dargestellten beiden Winkeleisen, die sich auf Bohlenstücke stützen, welche auf die 1,26 Meter von Mitte zu Mitte entfernten hölzernen Dachbinder aufgenagelt sind; unten wurden diese Winkeleisen an schmiedeeiserne Schuhe angeschraubt. Die Querrinnen *c* und *d* haben Gefälle und leiten ihr Wasser durch die Röhrchen *e* und *f*, welche durch die Winkeleisen hindurch gehen, in die Rinnen *b*, von wo es weiter unten aufs Dach geführt wird. Das Blech *g* verhindert das Eindringen des von der Glastafel *a* abfliessenden Wassers in die Rinne *d*. Die in den Sprossen Fig. 597 stehenden Flacheisenträger sind an den Winkeleisen Fig. 598 befestigt; kleine eiserne Winkel, welche an jedem dieser Trageisen festgenietet wurden, verhindern das Herabgleiten der Glastafeln *a*. Durch die caskadenförmige Eindeckung der Tafeln wird das schnelle Abfliessen des niederfallenden Regenwassers und das Abrutschen des Schnees wesentlich befördert, überhaupt ist bei dieser Eindeckung ein nachhaltiges Eindringen des Regens und Schnees, oder ein Abtropfen von Schweisswasser und Einfrieren der Rinnen nicht vorgekommen; auch ist von den 170 Stück eingedeckten Glastafeln keine gesprungen, was bei den fest eingespannten Tafeln der Glaseindeckungen der grossen Bahnhofshallen vielfach vorgekommen ist, indem bei Temperaturwechsel die Tafeln sich nicht ausdehnen konnten.

Fig. 597.

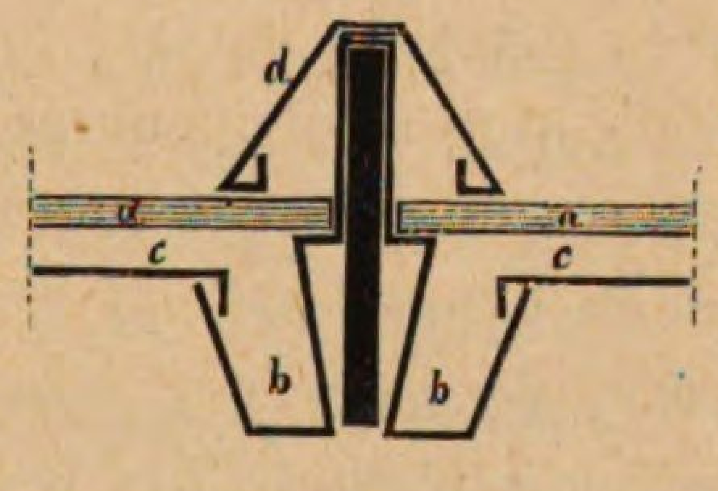
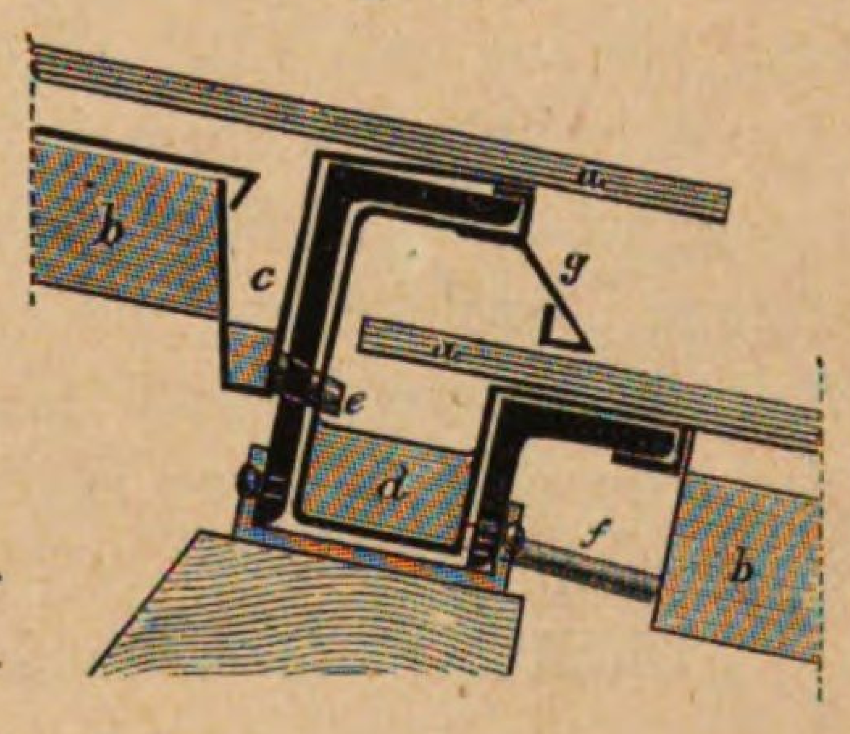


Fig. 598.



Auf dem Bahnhofe zu **Darmstadt** ist die Halle des Empfangsgebäudes in der Weise mit Rohglas eingedeckt, wie es die Fig. 599 bis 601 zeigen. In Fig. 599 ist *a* die Strebe des Binders, *b* eine Fette und *d* ein Sparren, der aus 2 verticalen Blechen und aus einem ⊔-Eisen zusammengesetzt wurde, den Querschnitt durch die Sparren giebt

Fig. 600, während Fig. 601 den Sparrenquerschnitt im vergrösserten Maassstabe, sowie auch den Grundriss der Spanneisen darstellt. Die Sparren haben 8 Centim. lichte Weite und Höhe, ihre beiden Verticalbleche sind, nach Fig. 599, oben so ausgeschnitten, dass die aufliegenden Glastafeln sich von oben nach unten überdecken können. Jede Tafel wird auf den Sparren an ihrem obern und untern Ende bei *e* und *f* durch Schrauben und Spanneisen festgehalten. Die Spanneisen *c* Fig. 601 greifen hierbei unter kleine Winkeleisenstückchen, welche innerhalb der Sparren an den Verticalblechen festgenietet sind; das obere Spanneisen *g* wird nun durch eine Schraube fest auf die Tafeln *d* gedrückt, so dass diese auf den Sparren festgehalten werden. Das unten mit einem Haken versehene Zinkblech *f* hat hauptsächlich den Zweck, die Tafeln gegen Herabgleiten zu sichern.

Fig. 599.

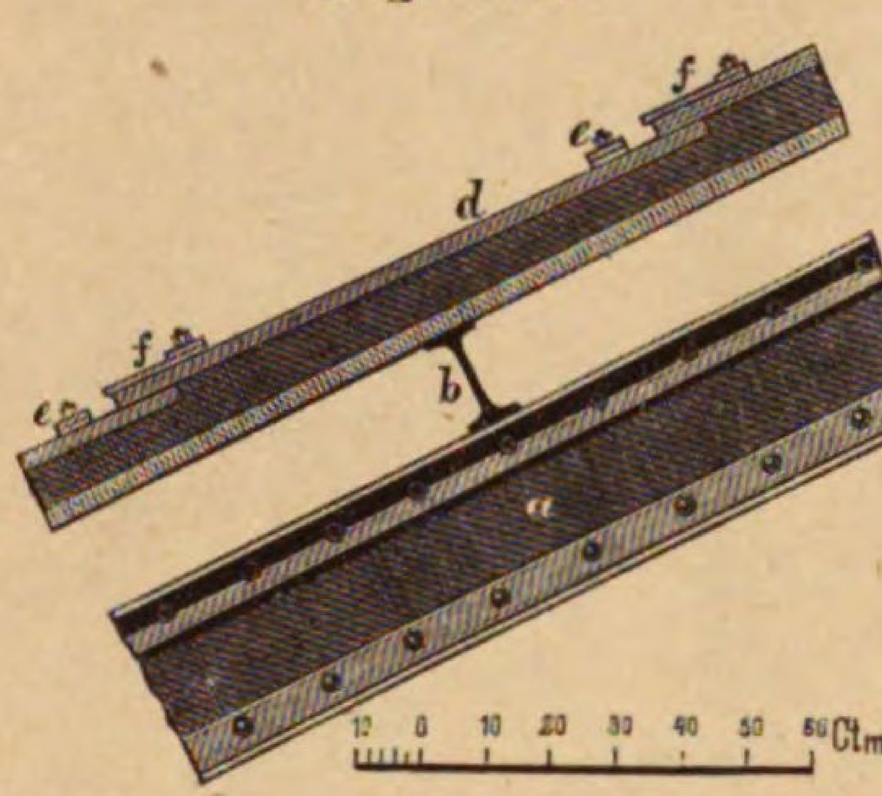


Fig. 601.

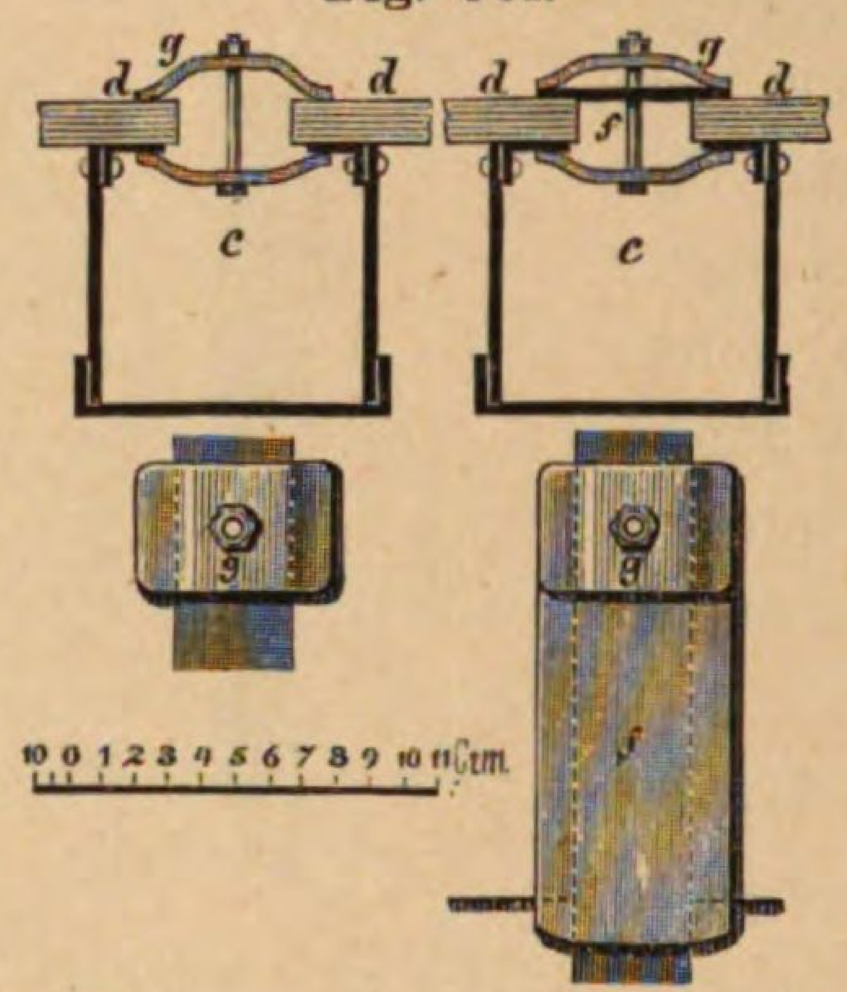
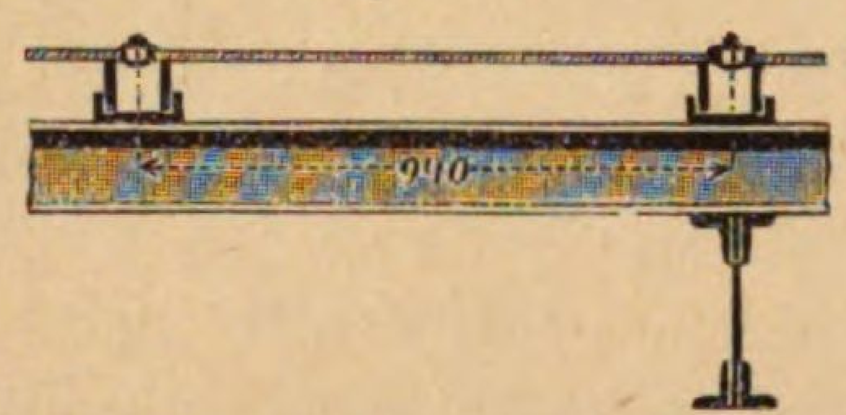


Fig. 600.



Das Regenwasser, was von den Glastafeln abtropft, fliesst in die hohlen Sparren und von hieraus aufs Dach oder in die Dachrinne. Solche Sparren sind in zweckmässigerer Querschnittform auch bei der auf S. 242 beschriebenen Bahnhofshalle angewendet; ebenso auch bei der auf **Blatt 6**, Fig. 5 und 8 (S. 175) dargestellten Perronhalle. Für solche Räume, welche geheizt werden und sich in Folge dessen unter der Glaseindeckung Schweisswasser bildet, muss man noch für zweckmässige Ableitung desselben sorgen, denn da es bei dieser Eindeckung nicht in die Sparren gelangen kann, so muss es herunter tropfen.

Die Rinnen für Schweisswasser werden zweckmässig nach Fig. 10, **Blatt 10** aus Zinkblech gezogen und vermittelst entsprechend gebogener Zinkblechstückchen, die an der Rinne angelöthet sind, unter die Sprossen aufgehängt. Eine solche Rinne in etwas anderer Form ist noch in Fig. 602 dargestellt; *s* sind die Glastafeln, *e* die kleinen Zinkblechhaken, die an der Rinne *r* angelöthet werden und dieselbe tragen; auf diesen Haken finden die Glastafeln ihr Auflager. Damit man aber nicht unter jede Sprosse eine Rinne zu hängen braucht, schneidet man die Glastafeln etwas schräg, wie es in dem Grundrisse Fig. 603 angedeutet ist, und giebt jeder 2. Sprosse *c* eine Schweisswasserrinne. Das Wasser zieht sich dann an der schrägen Kante der Tafeln herunter und tropft an der äussersten Spitze in die Rinnen. An der Traufe *a b* muss natürlich für weitere Fortleitung des Wassers Sorge getragen werden. Mehr als 3 bis 4 Centim. Ueberdeckung zu geben, ist in den meisten Fällen nicht zweckmässig, namentlich bei kleineren Tafeln, weil das Wasser sich unter der Ueberdeckung festsetzt und im Winter durch Einfrieren die Tafeln zersprengt.

Fig. 602.

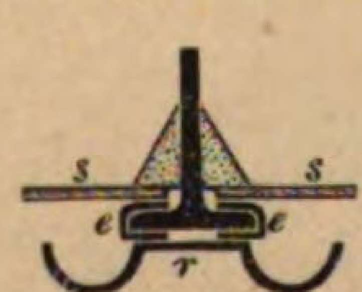


Fig. 603.

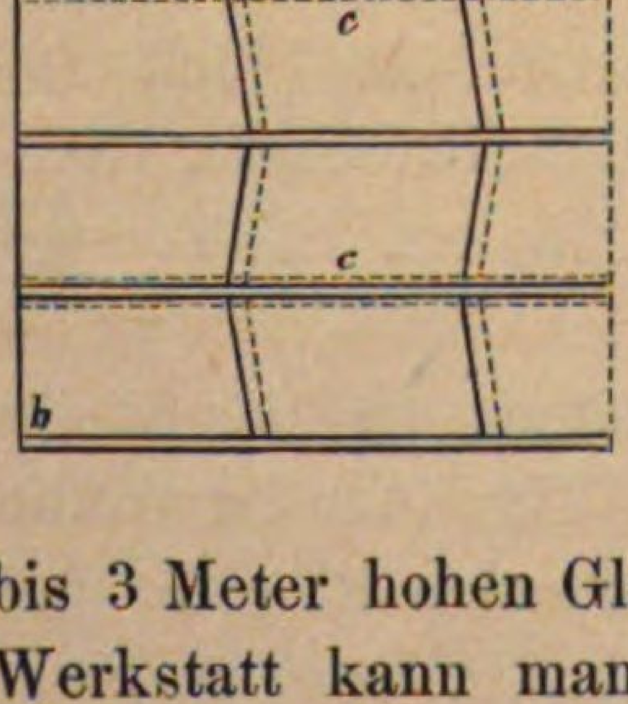


Fig. 604.



Verticale Glaswände, wie solche bei Treibhäusern und photographischen Werkstätten vorkommen, werden am besten nur an verticalen Sprossen ohne Quersprossen verglast. Das Gerippe der 2,5 bis 3 Meter hohen Glaswand der in Fig. 604 im Grundrisse dargestellten photographischen Werkstatt kann man z. B. aus **T**-Eisen Sprossen herstellen, wie solche in passenden

Dimensionen von **Gabriel** und **Bergenthal** in Soest (Westphalen) gewalzt werden (Fig. 592). Die Glastafeln hängt man so ein, dass die untere immer die obere trägt, was mit Hülfe kleiner Doppelhaken aus dünnem Kupfer- oder Zinkblech geschieht. In Fig. 605 ist diese Methode angedeutet, hierbei wird jede Glastafel von einem schwachen Stifte, der durch den Steg des T-Eisens gesteckt ist, an den Flantsch desselben gedrückt, damit die Tafeln nicht ausweichen können. Die kleinen Blechhaken, je 2 für eine Tafel sind in Fig. 606 mit *a* bezeichnet, sie befinden sich ausserhalb der Kittleiste. Am untern Ende rundet man die Tafeln ein wenig ab, um das abfliessende Wasser immer auf die Mitte derselben zu leiten. Die kleinen durch die Haken an den Ueberdeckungsstellen gebildeten Zwischenräume werden nicht mit Kitt verstrichen, sie dienen vielmehr zur Abführung des Schweisswassers.

Fig. 605.



Fig. 606.



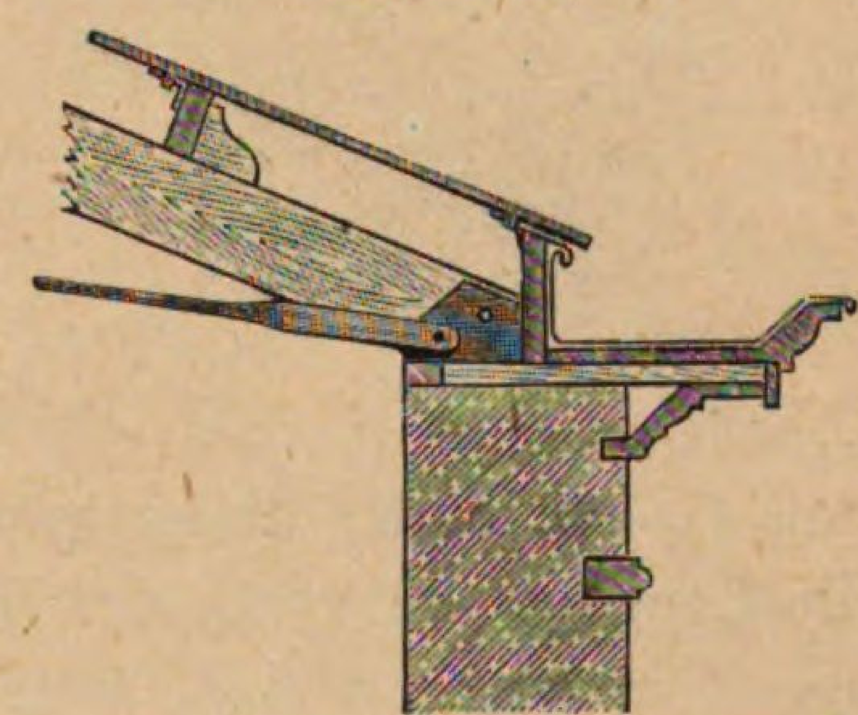
Glaseindeckungen erhalten eine Neigung von 1 : 4 höchstens 1 : 5.

§. 91. Construction der Dachrinnen und Abfallrohre.

Die Dachrinnen erhalten ein Gefälle von 1 : 120 oder 1 Centim. auf 1,2 Meter Länge und wird auf 15 bis 25 Meter Frontlänge ein Abfallrohr angeordnet. Man rechnet auf 1 □Meter Horizontalprojection der Dachfläche, welche durch ein Abfallrohr entwässert wird, 1 bis 1,2 □Centim. Rohrquerschnitt, wonach der Durchmesser der Abfallrohre bestimmt wird.

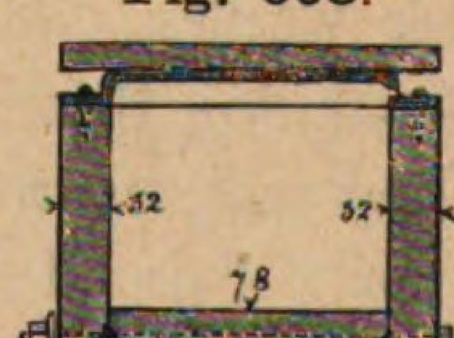
Bei untergeordneten Gebäuden construirt man zuweilen das Hauptgesims aus Holz, indem man in entsprechenden Entfernungen nach Fig. 607, auf der Mauer, unter den Bindern, Bohlenstücke befestigt und hieran das aus Brettern gebildete Hauptgesims annagelt; die Dachrinne wird dann in das Gesims eingebettet und mit Zinkblech ausgekleidet. Auf der aus einem Brette bestehenden Rückwand der Rinne liegt unter der Eindeckung ein Zinkblech, dessen untere Kante umgebörtelt ist. In diese Umbörtelung greift die Auskleidung der Rinne ein, so dass durchaus kein Wasser vom Winde hinter die Rinne gedrängt werden kann.

Fig. 607.



Bei den Gebäuden der Ostbahn zu Berlin sind die Dachrinnen, welche ohne freie Abwässerung innerhalb der Gebäude gelegt werden mussten, aus kiefernen Bohlen angefertigt, nach Fig. 608 in den Fugen sorgfältig zusammengearbeitet und mit eingelegten wollenen Schnüren gedichtet. Die Seitenwände der Rinne haben 5,2, der Boden hat 7,8 Centim. Stärke; durch diese 3 Theile sind, in Abständen von ca. 1 Meter, Schraubenbolzen gezogen, die nach Bedürfniss nachgezogen werden können, was jedoch nach den gemachten Erfahrungen nur in der ersten Zeit nothwendig wurde. Im Innern haben die Rinnen einen Anstrich von heissem Steinkohlentheer erhalten und oben sind sie zur Abhaltung des Schnees mit einer zum Abheben eingerichteten Deckbohle versehen, die auf quer über die Rinne genagelten gekröpften Flacheisen aufliegt. Bei der Ostbahn haben sich diese Rinnen unter schwierigen Verhältnissen seit einer Reihe von Jahren vorzüglich bewährt.

Fig. 608.



Bei Hauptgesimsen aus Stein wird die Dachrinne am besten auf das Hauptgesims gelegt und **nicht** eingebettet. Eine sehr empfehlenswerthe Rinnen-Construction vom Herrn Baumeister **Vogdt** in Pr. Friedland*) zeigt Fig. 609. Die über das Hauptgesims hervortretende Rollschicht ist oben so abgeglichen, dass sie das Gefälle der Rinne 1 : 120 hat; sie ist mit Zinkblech abgedeckt, damit, wenn die Rinne einen Leck bekommt, das

*) Deutsche Bauzeitung 1868. S. 518.

durchfliessende Wasser von der Zinkblechabdeckung direct auf das mit Schiefer abgedeckte Hauptgesims geleitet wird. Die Zinkblechrinne ist nun unmittelbar auf die Abdeckung der Rollschicht gelegt und es sind an deren Vorderkante, in Abständen von ca. 1 Meter, 7 × 20 Millim. starke, verticale, oben mit einem Haken versehene Rinneneisen eingemauert; diese werden von Haften umfasst, welche an der vorderen Fläche der Rinne angelöthet sind. Zwischen je 2 Rinneneisen wurde aber noch zur Versteifung der Rinne ein aus Zinkblech gerollter röhrenförmiger Steg *s* eingelöthet. Da der Boden dieser Rinne von der Rollschichtabdeckung eine vollständig ebene Unterstützung erhält, so kann sie durch das Begehen keinen Schaden erleiden. Nach oben greift das Blech der Rinne entsprechend weit unter die Schiefereindeckung, damit vom Winde kein Wasser hinter die Rinne getrieben wird. Diese nur aus Zinkblech hergestellten Rinnen sind wesentlich billiger als die hölzernen Kastenrinnen, welche mit Zinkblech bekleidet werden; auch haltbarer, denn die Einschliessung des Holzes veranlasst leicht das Stocken desselben, und wenn das Holz faul geworden ist, hat auch das Zinkblech der Rinne den Halt verloren und muss zusammenfallen.

Fig. 609.

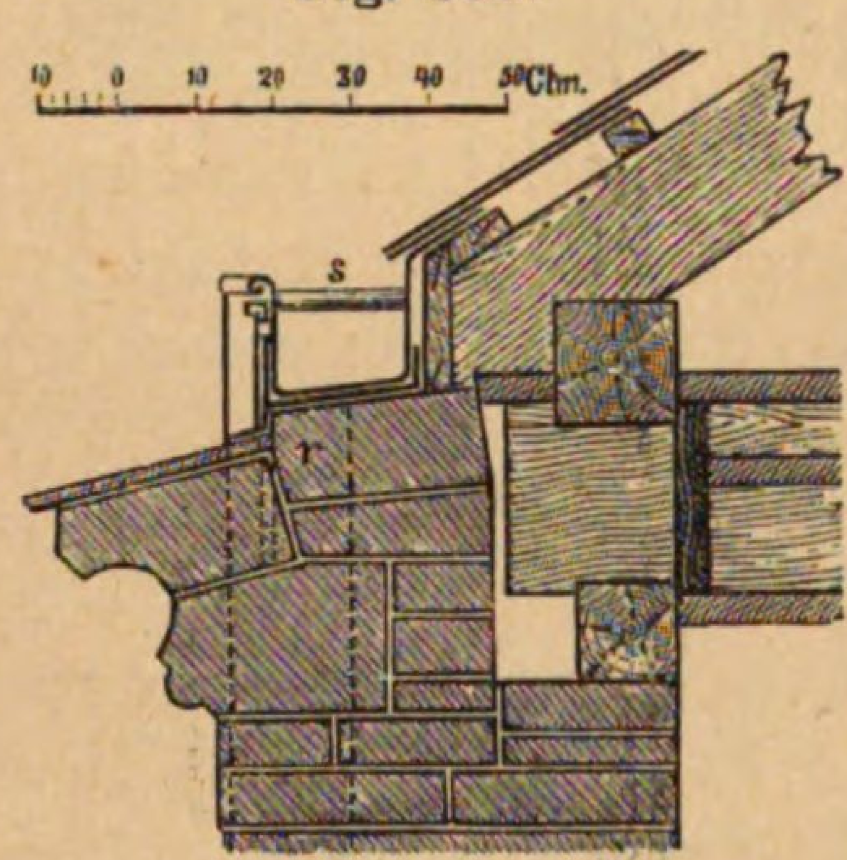
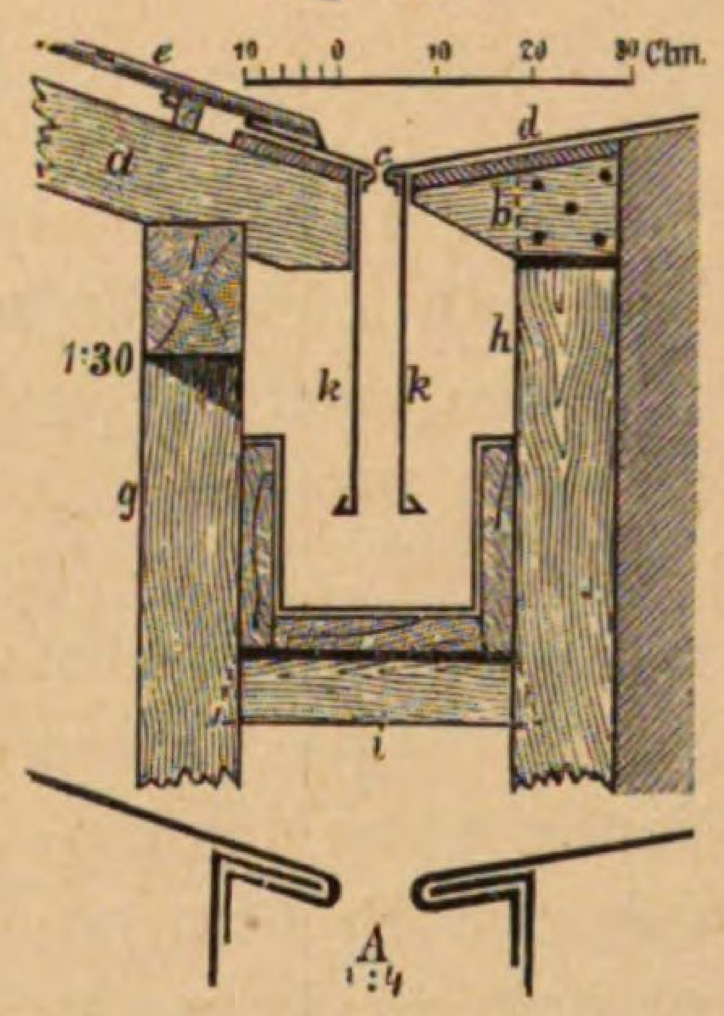


Fig. 610.



In den Fällen, wo die Traufe unter dem Haupt der Frontmauer bleibt, oder hinter einer Attika, ist die **Knoblauch**'sche Rinne zu empfehlen. Diese wird nach Fig. 610 innerhalb des Dachbodens angebracht, wobei das Wasser durch eine schlitzförmige Traufe in der Dachdeckung zwischen die Schlitzbleche fliesst und von diesen in die Rinne tropft. Der Sparren *a* wird von der Stütze *g* getragen, auf der ein Langholz liegt; an der Frontmauer stehen andere Stützen *h*, an denen oben die Knaggen *b* angenagelt sind, worauf ein Schaalbrett befestigt ist. Hierauf befestigt man die aus Zinkblech bestehende Mauerabdeckung *d*. Unter dem Wellbleche *e* ist am Schlitz *c* ein flacher Blechstreifen gelegt und oben hakenförmig umgebogen, damit das vom Winde unter das Wellblech getriebene Wasser wieder hervorfliessen muss. Die Rinne selbst kann nach Fig. 608 aus Holz construirt sein, gewöhnlich kleidet man dieselbe aber noch, wie in Fig. 610 angedeutet, mit Zinkblech aus, was hier für die Holzrinne nicht schädlich ist, indem dieselbe in der Aussenfläche ganz frei und der Luft zugängig bleibt; die Bretter werden dann nur ca. 4 Centim. stark genommen. Zwischen den beiden Stützen *g* und *h* ist das Holz *i* befestigt, worauf die Rinne ruht, dieses kann man beliebig tief anbringen und somit die Rinne in jede beliebige Höhe legen; da aber die Schlitzbleche *k* ziemlich tief in die Rinne hinabreichen müssen, um ein Ueberspritzen des Wassers zu vermeiden, so wird man doch meistens die Rinne möglichst hoch anbringen, damit die Schlitzbleche kurz gehalten werden können. Der Einströmungsschlitz *c* in der Eindeckung wird so schmal wie irgend möglich gemacht, in der Regel erhält er nur 1 bis 2 Centim. Breite; bei *A* Fig. 610 ist die Einhängung der Schlitzbleche in die Traufbleche angedeutet. In allen Fällen ist bei der Knoblauch'schen Rinne ein Nothauslass anzubringen, damit bei etwaiger Verstopfung der Abfallrohre die Rinne nicht überfliessen kann.

Fig. 611.

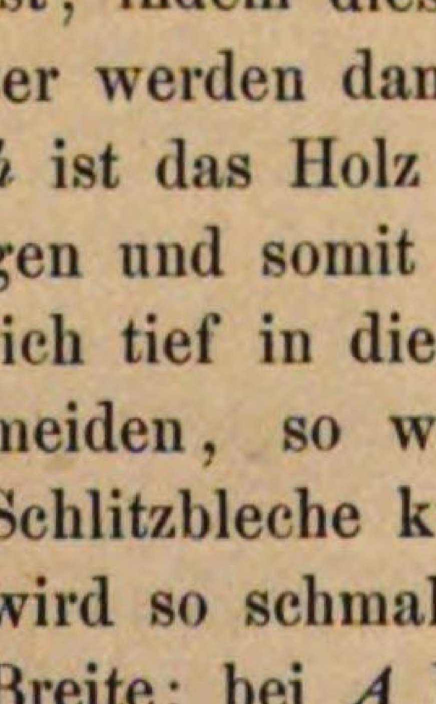
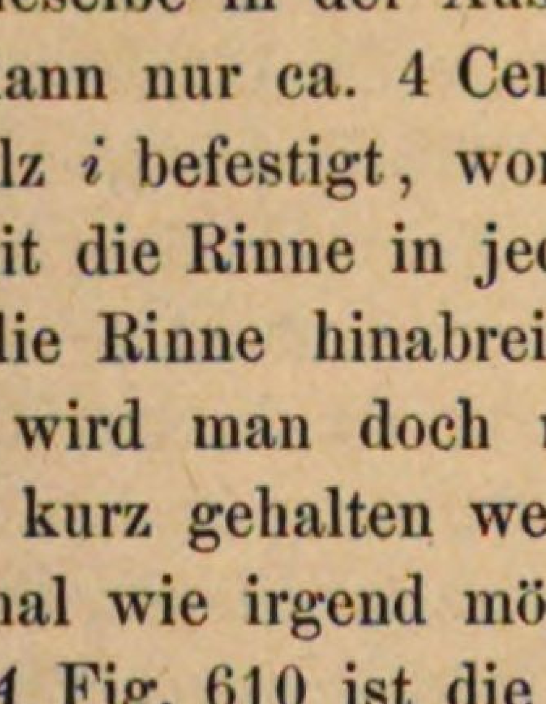


Fig. 612.



Eine namentlich bei einfachen Gebäuden und steileren Dächern gebräuchliche Anordnung der Dachrinne ist in Fig. 611 und 612 angedeutet. Man biegt diese Rinne *r* aus Zinkblechtafeln, wobei die aufgebogene Kante, der grösseren Steifigkeit wegen, umgebörtelt wird. Da die Bleche der ganzen Rinne aneinander gelöthet sein müssen, so befestigt man dieselbe oben unter der Eindeckung am

zweckmässigsten mittelst hakenförmiger Haften, damit die Rinne sich in ihrer ganzen Länge etwas bewegen kann, ausserdem ruht die Rinne aber noch auf jedem Sparren in einem gebogenen Rinneneisen. Diese frei auf dem Dache liegenden Rinnen kosten pro lfd. Meter je nach ihrer Grösse und Blechstärke 3 bis 4 Mark; Kastenrinnen aus Zinkblech von 15 Centim. Weite und Höhe kosten ebenfalls 3 bis 4 Mark und werden für jeden Centim. mehr in der Ummessung ca. 0,02 bis 0,03 Mark theurer.

Beiläufig mag hier der Gesimseinsturz erwähnt werden, der am 6. April 1870 an dem Seybel'schen Neubau*) in der Maximilianstrasse zu Wien vorgekommen ist, wobei 10 Arbeiter und Arbeiterinnen ihr Leben einbüssten und 10 andere mehr oder weniger schwer verwundet wurden. Der ausgezeichnete und vielbeschäftigte Architekt **Karl Tietz** leitete den Bau, dessen specielle Ausführung dem Baumeister **Franz Sommleitner** und von diesem dem Polier **Martin Köpf** übertragen war. Tietz construirte seine Hauptgesimse in der Regel, nach Fig. 611, aus 1,26 Meter langen Steinplatten, die mit senkrechten, bis unter die Balkenlage greifenden Ankern in der 63 Centim. starken Dachbodenmauer verankert wurden. Bei dem genannten Gebäude hatte Tietz der frostigen Witterung wegen die Ausmauerung des Gesimses ganz entschieden untersagt und deshalb den Constructionsplan gar nicht herausgegeben. Der Polier, nur mit einem die architektonischen Verhältnisse des Hauptgesimses betreffenden, ohne innere Construction glatt als Gesammtschnittfläche roth angelegten Plan in Händen, vollzog die Ausmauerung eigenmächtig, weil einige schöne Tage gekommen waren, und liess sich dabei verschiedene grobe Fehler zu Schulden kommen. Er hatte die Mauer unter dem Gebälk des Dachbodens nach eigenem Ermessen um 16 Centim. abgesetzt und die Hängeplatte um ebensoviel kürzer gemacht, wie dies in Fig. 612 dargestellt ist; ausserdem hatte er die Aussparungen *d* für das Einsetzen der Consolen durch die ganze Mauerdicke reichen lassen, so dass die Mauer auf einzelne, dem Frost zugängliche Pfeilerchen reducirt war. Ferner hatte er die Aufmauerung über der Hängeplatte für die in Putz gezogene Sima, anstatt ein paar Steine übereinander zu legen, voll auf die ganze Ausladung der Hängeplatte bis unter die Sparren aufgeführt, wodurch dieselbe unnöthig belastet wird. Die für einzelne Steine angebrachte Verankerung *e* Fig. 612 ist nicht nur ungenügend, sondern geradezu komisch und bezeugt, dass der Polier auch nicht die mindeste Kenntniss der statischen Gesetze hatte.

Das Ausrüsten der Steifen unter der Gesimsplatte geschah **ohne** Anweisung des Architekten und ohne vorhergehende Untersuchung mit dem sträflichsten Leichtsinn, indem die am Dache beschäftigten Klempner den Polier noch eine halbe Stunde vor der Katastrophe auf einen Riss im Gesimse aufmerksam gemacht haben. Das Gesims löste sich in der ganzen Länge von ca. 10,5 Meter nach der Bruchfuge $a-b$, Fig. 612 und zertrümmerte im Sturze das 4 Etagen hohe verbundene Baugerüst.

Die Wiener technische Welt war der Ansicht, dass dem Architekten auch nicht die geringste moralische Mitverantwortung treffen konnte, da das Unglück durch einen speciellen Ausführungsfehler veranlasst war, den allein der ausführende Baumeister und sein Polier verschuldet hatte. Die k. k. Staatsanwaltschaft theilte **nicht** die Anschauung der Fachmänner und scheute sich nicht den verdienstvollen Architekten in die Anklage hineinzuziehen, obgleich eine kurze Lectüre in den Baugesetzen und dem Contracte des Baumeisters der löbl. Staatsanwaltschaft die Kenntniss verschafft hätte, welche sie nun erst im Verlaufe der langwierigen öffentlichen Verhandlung mit beschämender Empfindung erlangen musste. Das wohlbegründete richterliche Urtheil vom 22. Sept. 1870 sprach den Architekten von aller Mitschuld frei, während der ausführende Baumeister zu 3, der Polier zu 6 Monaten strengen Arrestes verurtheilt wurden. Bei diesem Erkenntnisse glaubte die k. k. Staatsanwaltschaft sich noch nicht beruhigen zu können, sondern sie erhob eine weitere Klage bei dem Ober-Landesgerichte, durch welches **Tietz** in der That für schuldig befunden und zu 3 Monaten strengen Arrestes verurtheilt wurde; doch eine

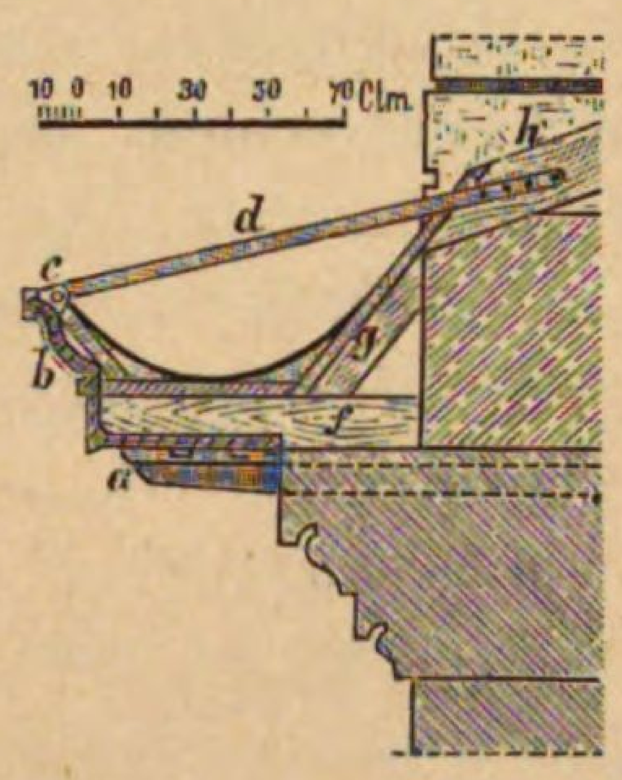
*) Vergl. Deutsche-Bauzeitung 1870. S. 125, 325, 353 und 1871. S. 29.

abermalige Appellation von Seiten seines Vertheidigers führte dahin, dass nunmehr der höchste Gerichtshof das erste Erkenntniss herstellte und **Tietz** definitiv für nichtschuldig erklärte.

Die aufregende Gerichtsverhandlung scheint nicht wenig dazu beigetragen zu haben, dass der sonst so glückliche berühmte Künstler den Geistern des Wahnsinns in die Hände gefallen ist: Tietz starb im Jahre 1874 in einer Irrenanstalt.

Für das herzogl. Schloss zu Braunschweig, dessen Dachconstruction Fig. 1, **Blatt 5** (S. 178) dargestellt ist, construirte **Ottmer** im Jahre 1834 ein schönes Hauptgesims aus Gusseisen, wovon Fig. 613 einen Querschnitt zeigt. Die Hängeplatte mit der Sima in einem Stücke ist in Längen von ca. 2 Meter hergestellt, bei einer Wandstärke zwischen 6 und 10 Millim. variirend. An den Stossverbindungen ruht die Hängeplatte auf den durch die ganze Mauer reichenden gegossenen T-Eisen *a*, die ca. 11 Centim. hoch und breit sind und ca. 3 Centim. Flantsch- und Stegstärke haben; zwischen diesen Stossträgern, worauf je 2 Gesimstheile gemeinschaftlich ruhen, wurden noch 2 solche T-Eisen eingeschaltet, so dass die Träger ca. 67 Centim. von Mitte zu Mitte entfernt sind. An den Enden der Gesimsstücke bei *c* sind kleine Ohrlappen angegossen, durch die ein Schraubenbolzen gesteckt ist, der die Flacheisenanker *d* aufnimmt, welche an den Sparren *h* festgenagelt wurden, damit das Gesims sich nicht auf den Trägern *a* verschieben kann. Die gusseisernen, reich decorirten Consolen haben oben 2 aufgenietete schwache Quereisen, die in die beiden Nuthen der Träger *a* Fig. 613 eingreifen und darin festhängen. Zwischen den Consolen ist die Hängeplatte mit ca. 9 Centim. hohen oben offenen Cassetten versehen, deren Rosetten an schwachen Blechplatten angenietet und von oben in die Cassetten hineingehängt sind, wobei die Blechplatte sich auf den oberen Rand der Cassetten legen und so deren Decke bilden. Die Sima *b* Fig. 613 ist an den Stellen zwischen den Consolen mit Palmetten verziert, die für sich gegossen und auf die Sima aufgenietet sind.

Fig. 613.



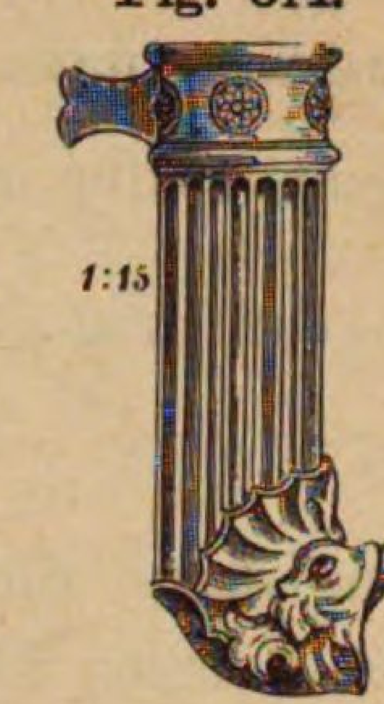
Zur Bildung der Dachrinne wurden zwischen den Cassetten über den T-Eisen die Hölzer *f* und *g* eingelegt und ist darauf eine Bretterschaalung genagelt, wobei man die Ecken durch besondere Kehlbretter ausrundete und die ganze Rinne mit Kupferblech auskleidete, welches auf die Sparren *h* unter die Schiefereindeckung reicht. Die Rinne wird durch 13 Centim. weite Abfallrohre entwässert und ist oben zum Schutze gegen Schnee mit Brettern abgedeckt.

In neuerer Zeit werden die Hauptgesimse oft aus Zinkguss und Zinkblech construirt, in ähnlicher Weise wie in Fig. 613, doch mit dem Unterschiede, dass die tragenden T-Eisen mit dem Flantsch nach unten und **oberhalb** der Hängeplatte gelegt werden, so dass auch die unteren Gesimsglieder mittelst dünner Hängestangen an den T-Eisen aufgehängt werden können. Die T-Eisen werden an der innern Seite der Mauer mit verticalen Ankern, die an der Mauerlatte unter dem Dachboden-Gebälk festgenagelt sein können, verankert. Solche Gesimse sind von dem Hrn. Architekten **Dörfel** in Wien vielfach angewendet und werden in der Fabrik von **F. Manoschek** daselbst ausgeführt.

Abfallrohre werden gewöhnlich aus Zinkblech Nr. 10 bis 14 hergestellt und durch Schelleisen, die mittelst Charnier zu öffnen sind, oder auch durch einfache biegsame Rohrhaken in der Mauer befestigt. Dieselben kosten bei 30 Centim. Zuschnitt, also bei ca. 9,5 Centim. Durchmesser, je nach der Blechstärke pro lfd. Meter 1,9 bis 3 Mark. Bei Bestimmung ihres Querschnittes rechnet man, wie bereits erwähnt, pro 1 □Meter Horizontalprojection der Dachfläche 1 bis 1,2 □Centim. Rohrquerschnitt. Zuweilen werden die Abfallrohre auch aus Gusseisen angefertigt und entsprechend decorirt; sie erhalten dann gewöhnlich nur eine Wandstärke von 6 bis 8 Millim.; werden in Längen von ca. 1 Meter ausgeführt und mittelst Muffen in einander geschoben und mit einem passenden

Kitte oder mit Cement gedichtet. Die Giesserei von Hrn. **G. Kuhn** in Stuttgart-Berg liefert solche Rohre in sehr sauberer Ausführung. In Fig. 614 ist das untere Ende eines von dieser Fabrik ausgeführten Abfallrohres dargestellt; hierbei dient der an der Muffe angegossene Zapfen zur Befestigung des Rohres in der Mauer, worin er mit Cement festgegossen wird.

Fig. 614.

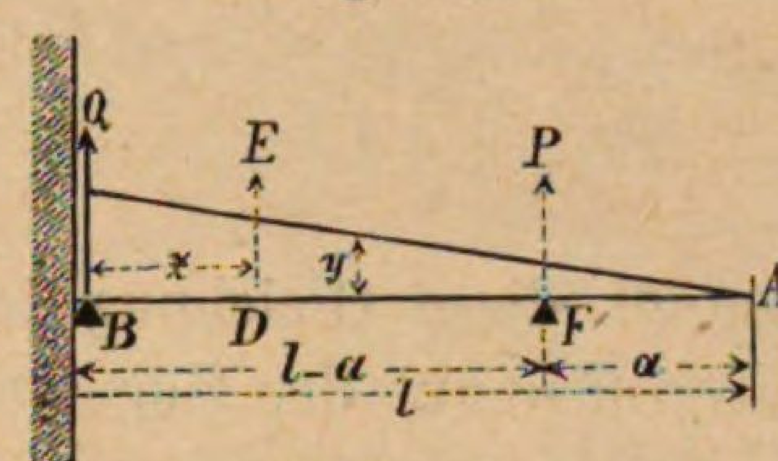


VII. Statische Berechnung der Dachconstructionen.

§. 92. Spannungen in den Bindern der Pultdächer.

Der Binder des Pultdaches Fig. 1 **Blatt 6** (S. 173) ruht nach Fig. 615 in den Punkten B und F frei auf; wird nun vorausgesetzt, dass die Gurtungen im Aufhängepunkt F eben so stark beansprucht werden, wie in einem Punkte D, wo die Spannung zum zweiten Male ein Maximum wird, und nennt man:

Fig. 615.



l die Länge des Binders in Centim.,

a den Abstand des Aufhängepunktes von der Spitze des Binders,

$l-a$ den Abstand des Aufhängepunktes von der Mauer,

y den Winkel, welchen die Gurtungen einschliessen,

p eine gleichmässige Belastung pro Centim. Binderlänge, bestehend aus dem Eigengewichte des Daches, sowie aus Schnee- und Winddruck,

P die Reaction der Stütze F und

Q die Reaction der Stütze B, so ist $p \cdot l$ die ganze Belastung eines Binders und das abwärts wirkende Angriffsmoment derselben (vergl. § 39, S. 38) $p \cdot l \cdot l/2 = \frac{p \cdot l^2}{2}$; das Moment der aufwärts wirkenden Reaction über der Stütze F ist $P(l-a)$, es ist also:

$$P(l-a) = \frac{pl^2}{2}, \text{ oder } P = \frac{pl^2}{2(l-a)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (263)$$

Das Moment der Reaction über der Stütze B aufwärts ist $Q(l-a)$ und das Angriffsmoment der Belastung für den von F nach der Mauer zu liegenden Theil des Binders abwärts wirkend $\frac{p(l-a)(l-a)}{2}$, diesem entgegen wirkt die Belastung $p\,a$ des über F hinaus liegenden Bindertheils, deren Moment $p\,a\,\frac{a}{2}$ ist, man hat daher:

$$Q(l-a) = p\,\frac{(l-a)(l-a)}{2} - p\,a\,\frac{a}{2} = p\,\frac{l^2 - 2\,a\,l}{2}, \text{ oder:}$$

$$Q = p\,\frac{l^2 - 2\,a\,l}{2(l-a)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (264)$$

Für einen Punkt D im Abstande z von der Stütze B ist die in den Gurtungen auftretende Horizontalspannung:

$$S = \frac{Qz - \frac{p\,z^2}{2}}{(l-z)\,tg\,y} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (265)$$

und ein Maximum dieses Werthes entsteht für:

$$z = l - \sqrt{l^2 - \frac{2\,Q\,l}{p}}$$

Substituirt man diesen Werth von z in Formel (265), so ergiebt sich die Länge a aus der Gleichsetzung S mit der Spannung S_1 im Punkte F; es ist aber:

$$S_1 = \frac{p\,a^2}{2\,a\,tg\,y} = \frac{p\,a}{2\,tg\,y} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (266)$$

Man kann, ohne einen erheblichen Fehler zu begehen, bei diesem Binder annehmen, dass die grösste Spannung in den Gurtungen an der Stelle des grössten Biegungsmomentes

auftritt, und daher diese Spannung der Spannung am Aufhängepunkte F gleich machen, dann erhält man $pz = Q$, oder $z = \frac{Q}{p}$, und da nach Gleichung (264) $\frac{Q}{p} = \frac{l^2 - 2al}{2(l-a)}$ ist, so hat man $z = \frac{l^2 - 2al}{2(l-a)}$. Diese Werthe von z in Formel (265) eingesetzt ergeben:

$$S = \frac{pz^2}{2(l-z)\,tg\,y} = p\,\frac{(l-2a)^2}{4(l-a)\,tg\,y} \quad \ldots \ldots \quad (267)$$

und damit die Spannung im Aufhängepunkte F der Spannung S gleich werde, hat man die Werthe für S_1 und S aus der Formel (266) und (267) einander gleich zu setzen, man erhält dann:

$$\frac{pa}{2\,tg\,y} = \frac{p(l-2a)^2}{4(l-a)\,tg\,y}, \text{ oder einfacher:}$$

$a = \frac{(l-2a)^2}{2(l-a)}$, und hieraus $6a^2 - 6al = -l^2$, oder wenn man auf beiden Seiten durch 6 dividirt: $a^2 - al = -\frac{l^2}{6}$; diese quadratische Gleichung vervollständigt giebt:

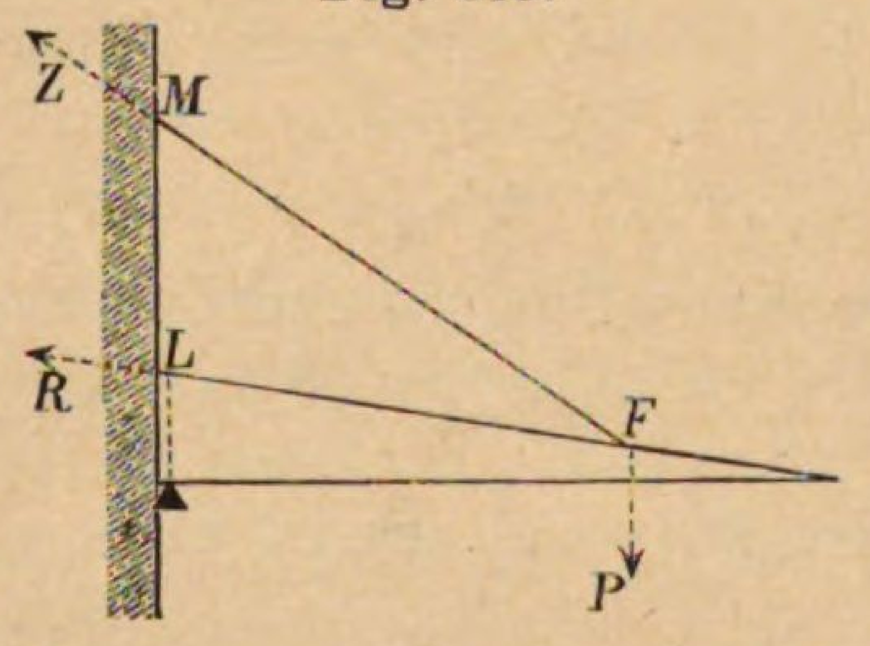
$$a^2 - al + \frac{l^2}{4} = \frac{l^2}{4} - \frac{l^2}{6} = \frac{l^2}{12}, \text{ oder die Wurzel gezogen:}$$

$$a = \frac{l}{2} - \sqrt{\frac{l^2}{12}} = 0{,}2114\,l \quad \ldots \ldots \quad (268)$$

Durch diese Gleichung ist also der für die Inanspruchnahme des Materials günstigste Angriffspunkt der Zugstange bestimmt.

Bezeichnet man die, von der im Aufhängepunkte F wirkenden Last P in der Aufhängestange Fig. 616 hervorgerufenen Spannung mit Z, so ist:

Fig. 616.



$$Z = P \cdot \frac{\overline{FM}}{\overline{ML}} \quad \ldots \ldots \quad (269)$$

und die von dieser Spannung in der obern Gurtung erzeugte Pressung:

$$R = P \cdot \frac{\overline{FL}}{\overline{ML}} \quad \ldots \ldots \quad (270)$$

Die untere Bindergurtung wird von der Zugstange aus nicht gepresst, ihre Inanspruchnahme ist daher direct nach Formel (266) zu berechnen und es ist:

$$S_1 = \frac{pa}{2\,tg\,y} \quad \ldots \ldots \quad (271)$$

Für die obere Gurtung setzt sich die Inanspruchnahme aus dieser Spannung und aus der in Formel (270) bezeichneten Pressung R zusammen und es ist, wenn man den verticalen Druck in F Fig. 616 nach Formel (263), $P = \frac{pl^2}{2(l-a)}$ setzt, die ganze Inanspruchnahme der obern Gurtung:

$$R + S_1 = \frac{pl^2}{2(l-a)} \cdot \frac{\overline{FL}}{\overline{ML}} + \frac{pa}{2\,tg\,y} \quad \ldots \ldots \quad (272)$$

Die Zugspannung in der Hängestange ist, wenn man für P den Werth aus Formel (263) in (269) einsetzt:

$$Z = \frac{pl^2}{2(l-a)} \cdot \frac{\overline{FM}}{\overline{ML}} \quad \ldots \ldots \quad (273)$$

Bei Berechnung dieser Dachconstruction hat Herr **Köpke** (jetzt Geh. Finanzrath in Dresden) für Eigengewicht, so wie für Schnee- und Winddruck pro □Meter 165 Kilogr. angenommen; dies macht bei 4,088 Meter Abstand der Binder pro lfd. Centim. Binderlänge:

$$p = \frac{165 \cdot 4{,}088}{100} = 6{,}745 \text{ Kilogramm.}$$

Der Winkel den die Gurtungen einschliessen ist $y = 7$ Grad 30 Min. und daher $tg\,y = 0{,}13165$.

Der Abstand a des Punktes F, Fig. 615, von der Binderspitze beträgt für den 6,132 Meter langen Binder nach Formel (268):

$$a = 0{,}2114 \cdot l = 0{,}2114 \cdot 613{,}2 = 130 \text{ Centimeter.}$$

Man hat daher für die Spannung in der obern Gurtung nach Formel (271):

$$S_1 = \frac{p\,a}{2\,tg\,y} = \frac{6{,}745 \cdot 130}{2\,.\,0{,}13165} = 3330 \text{ Kilogramm.}$$

Da nun für diese Binder die Längen $\overline{ML} = 2{,}336$ Meter, $\overline{FM} = 5{,}752$ und $\overline{FL} = 4{,}859$ Meter sind, so hat man nach Formel (272):

$$R + S = \frac{6{,}745 \cdot 613{,}2^2}{2 \cdot 483{,}2} \cdot \frac{4{,}859}{2{,}336} + 3330 = 8790 \text{ Kilogramm.}$$

Die Spannung in der Zugstange ist nach Formel (273):

$$Z = \frac{6{,}745 \cdot 613{,}2^2}{2 \cdot 483{,}2} \cdot \frac{5{,}752}{2{,}336} = 6460 \text{ Kilogramm.}$$

Der Durchmesser der Hängestange beträgt 3 Centim., danach ist die Inanspruchnahme des Schmiedeeisens pro □Centim. gleich:

$$\frac{\text{Belastung}}{\text{Querschnitt}} = \frac{6460}{\frac{d^2\pi}{4}} = \frac{4 \cdot 6460}{3 \cdot 3\,.\,3{,}142} = 914 \text{ Kilogramm.}$$

Für die unteren Gurtungen ist, nach Fig. 368, ⊥-Eisen von 5,4 Centim. Höhe und Breite bei 0,8 Centim. Stegdicke verwendet, welches, wenn man die Verschwächung durch das Nietloch mit 1,1 Centim. abrechnet, eine Netto-Querschnittfläche von 7,6 □Centim. hat, daher ist die Anstrengung des ⊥-Eisens pro □Centim. $\frac{3330}{7{,}6} = 440$ Kilogramm. Das T-Eisen der oberen Gurtung hat eine Höhe und Breite von 9,7 und eine Stegdicke von 0,9 Centim., daher ist der Flächeninhalt des Querschnittes nach Abzug des Nietloches gleich 15,57 □Centim., mithin die Anstrengung pro □Centim. $\frac{8790}{15{,}57} = 565$ Kilogramm. Die Beanspruchung der Gitterstäbe ist in dem Aufhängepunkte F, Fig. 616, des Binders am grössten und da hier der verticale Druck, nach Formel (263), 2624 Kilogr. beträgt, so ist die Inanspruchnahme der Gitterstäbe nach der Seite der Mauer zu:

$$2624 - a \cdot p = 2624 - 130 \cdot 6{,}745 = 1747 \text{ Kilogramm.}$$

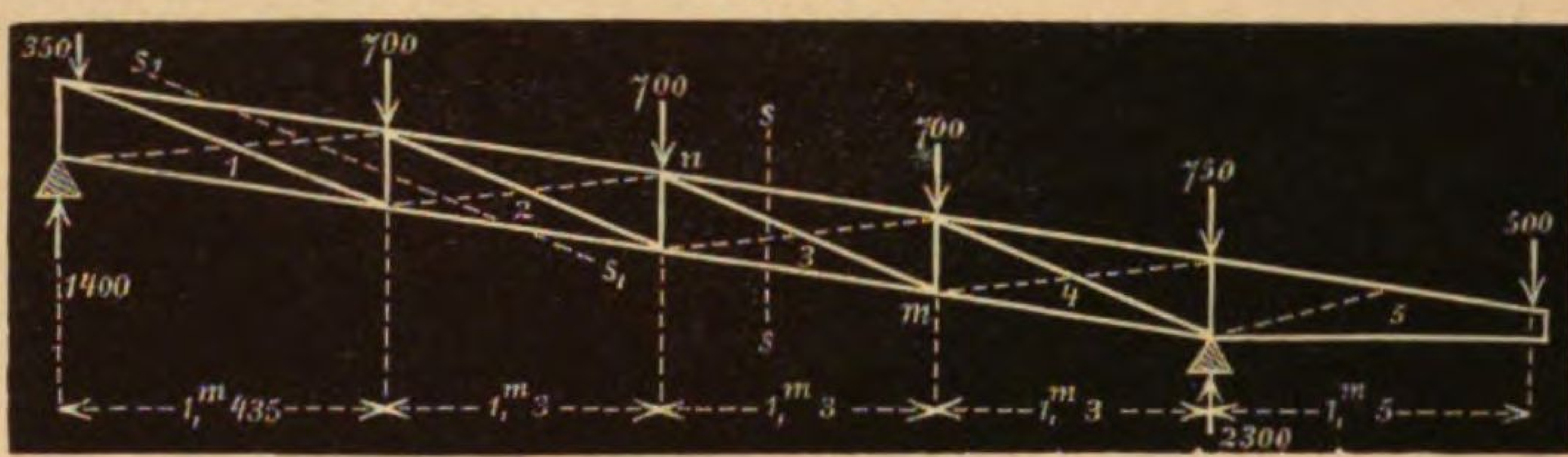
Die Stäbe sind wegen der einfacheren Ausführung für die ganze Binderlänge gleich stark gemacht und haben 3,6 Centim. Breite und 0,9 Centim. Stärke erhalten, ihr Querschnitt ist daher 3,6 · 0,9 = 3,24 □Centimeter; anstatt des hier gewählten engmaschigen Gittersystems, wird die Schwedler'sche Anordnung der Gitterstäbe, Fig. 8, **Blatt 9**, zweckmässiger angewendet.

Bei dem Perronhallendache Fig. 5, **Blatt 6** (S. 174) kann man nach §. 69 als Eigengewicht etwa 45 Kilogr., als Winddruck 25 und als Schneelast 70, zusammen 140 Kilogr. pro □Meter Grundfläche annehmen. Die Länge der Binder zwischen Säule und Mauer beträgt 5,335 Meter, ihre Entfernung von Mitte zu Mitte 3,544 Meter, daher die Last jedes Binders 140 · 5,335 · 3,544 = 2646 Kilogr., wofür rund 2800 Kilogr. gesetzt werden mögen; die Belastung vertheilt sich auf 4 Knotenpunkte, so dass die 3 mittleren Knotenpunkte die doppelte Last der beiden Endknotenpunkte erhalten; man kann also für die mittleren etwa 700, für die Endknotenpunkte 350 Kilogr. Belastung annehmen. Jedes Auflager erhält die halbe Belastung eines Binders, die Auflagerreaction ist also = 1400 Kilogramm. Der ca. 1,8 Meter weit überhängende Theil des Daches belastet die Binder etwa mit 140 · 1,8 · 3,544 = 893 oder rund 900 Kilogr., wovon ca. 500 Kilogr. durch das Wellblech auf die äusserste Fette, und 400 Kilogr. auf die Fette über den Längenträger übertragen wird. Der über den Säulen liegende Längenträger, Fig. 3, **Blatt 6**, erhält durch den Binder in seiner Mitte eine Belastung $P = 1400 + 900 = 2300$ Kilogr., wonach dessen Widerstandsmoment zu berechnen ist. Derselbe hat von Mitte zu Mitte der Säulen eine Länge von 7,088 oder rund 7 Meter; berücksichtigt man die Continuität und das Eigengewicht des Trägers nicht, so muss er nach Formel (34), S. 40 ein Widerstandsmoment $W = \frac{P \cdot l}{4 \cdot k}$ erhalten; setzt man $k = 800$ Kilogr., so wird $W = \frac{2300 \cdot 700}{4 \cdot 800} = 503$, dem das für die Ausführung gewählte I-Eisen mehr als reichlich entspricht. Jede ca.

2,4 Meter lange Säule erhält eine Last $P = 2\ (1400 + 900) = 4600$ Kilogr.; ihre Belastungsweise erfolgt nach Fig. 70, daher ist ihr Durchmesser und ihre Wandstärke nach Fig. 74 und Formel (85): $s\, d^3 = \frac{P \cdot l}{765000} = \frac{4600 \cdot 420^2}{765000} = 1061$. Nimmt man $d = 9$ Centim., also $d^3 = 729$, so wird $s = \frac{1061}{729} = 1,5$ Centim., und der äussere Säulendurchmesser wird $s + d = 9 + 1,5 = 10,5$ Centimeter.

Die Lastvertheilung auf die Knotenpunkte der Binder zur Berechnung der Spannungen in den Constructionstheilen ist in Fig. 617 nach dem Vorstehenden eingeschrieben. Nimmt man vorläufig einfache Diagonalen an, so lassen sich die Spannungen nach §. 64 durch Führung der Schnitte ss und $s_1\, s_1$ leicht berechnen, indem man die Momentengleichungen direct aus Fig. 617 abschreibt. Die Trägerhöhe zwischen den Schwerpunkten der Gurtungen beträgt ca. 40 Centim., man hat demnach für den Schnitt ss, wenn man den Punkt m als Drehpunkt wählt, für die obere Gurtung die Momentengleichung:

Fig. 617.



$$0 = -X \cdot 0,4 + 750 \cdot 1,3 - 2300 \cdot 1,3 + 500 \cdot 2,8 = -X \cdot 0,4 - 615, \text{ oder:}$$

$$X \cdot 0,4 = -615, \text{ und hieraus } X = -\frac{615}{0,4} = -1540 \text{ Kilogramm.}$$

Für den Drehpunkt n hat man:

$$0 = Z \cdot 0,4 + 700 \cdot 1,3 - (2300 - 750)\ 2,6 + 500 \cdot 4,1 = Z \cdot 0,4 - 1070, \text{ oder:}$$

$$Z \cdot 0,4 = +1070. \text{ und darnach } Z = +\frac{1070}{0,4} = +2675 \text{ Kilogramm.}$$

Im Felde (2) erreicht X in der oberen Gurtung denselben Werth; die grösste Zug- oder Druckspannung, welche in den Gurtungen dieses Binders vorkommen kann, beträgt also 2675 Kilogr., wonach der Gurtungsquerschnitt zu bestimmen ist. Die beiden Winkeleisen jeder Gurtung haben zusammen je ca. 12 □Centim. Netto-Querschnitt, ihre Maximalanstrengung beträgt demnach $\frac{2675}{12} = 223$ Kilogr. pro □Centim. Querschnitt. Für die obere gedrückte Gurtung ist diese geringe Inanspruchnahme des Materials, nach Formel (77), S. 52, durch die grosse freie Länge von einer aussteifenden Fette zur andern begründet, indem jeder gedrückte Gurtungstheil ca. 30 Mal so lang wie hoch ist; die untere Gurtung aber hätte einen weit geringeren Querschnitt erhalten können.

Die Spannung Y in den Diagonalen ist nach Formel (147), S. 106 zu ermitteln; für den Schnitt ss, Fig. 617, hat man:

$$0 = Y \cdot \sin w - 700 - 750 - 500 + 2300, \text{ oder } 0 = Y \cdot \sin w + 350.$$

$Y \cdot \sin w = -350$; da $w =$ ca. 20 Grad, so ist $\sin w = 0,342$, daher $Y = -\frac{350}{0,342} = -1020$ Kilogramm. Im Felde (4), wo jedenfalls die Anstrengung der Diagonalen am grössten wird, hat man:

$$0 = Y \cdot \sin w - 750 - 500 + 2300, \text{ oder } 0 = Y \sin w + 1050, \text{ oder}$$

$Y = -3070$. Denkt man die entgegengesetzt geneigte Diagonale eingelegt und die andere entfernt, so würde dieselbe mit $+3070$ Kilogr. angestrengt werden; wirken beide zusammen, so erhält jede die Hälfte der obigen Belastung. Die Diagonalen haben in Wirklichkeit ca. 4 □Centim. Querschnitt, daher kann die auf Zug beanspruchte Diagonale allein die Spannung von $+3070$ Kilogr. übertragen. In den Verticalen wird die Spannung am grössten, wenn nur eine der Diagonalen in jedem Felde zur Wirkung kommt, und zwar wird dann die Verticale zwischen dem Felde (3) und (4) am stärksten beansprucht. Nach S. 107 und 108 ist $-Y = \frac{V}{\sin w}$, oder $-V = \sin w \cdot Y$; demnach

wird $-V = 0{,}342\ (+3070)$, oder $V = -1050$ Kilogramm. Da die aus Gusseisen construirten Verticalen an der schwächsten Stelle 2,6 Centim. Durchmesser, oder 5,3 □Centim. Querschnitt haben, so sind sie für diese geringe Last reichlich stark ausgeführt.

Die 3,544 Meter langen 3 mittleren Fetten dieses Daches haben die gleichmässig vertheilte Last $P = 700$ Kilogr. zu tragen, das erforderliche Widerstandsmoment ist daher nach Formel (35) S. 40:

$$W = \frac{P \cdot l}{8 \cdot k} = \frac{700 \cdot 354{,}4}{8 \cdot 800} = 38{,}8 \text{ Centim.-Kilogramm.}$$

Die 4 oberen Fetten haben ein Widerstandsmoment von je 65, sie sind also reichlich stark; die beiden unteren haben aber nur ein Widerstandsmoment von je 30, was für die unterste genügend, für die über dem Längenträger liegende jedoch zu gering ist; die letztere musste daher in ihrer Mitte von dem Längenträger unterstützt werden.

In ähnlicher Weise lässt sich das in Fig. 15 und 16, **Blatt 6** dargestellte Pultdach berechnen. Der Binder Fig. 11, **Blatt 5** dagegen kann nach der in §. 56, S. 80, angedeuteten Weise berechnet werden. Die Gitterstabanordnung Fig. 8, **Blatt 9** ist derjenigen in Fig. 12, **Blatt 5** vorzuziehen, weil bei der ersteren Anordnung die Gurtungen und Gitterstäbe leichter ausfallen; die obere Gurtung besteht in diesem Falle aus einem T-Eisen, die untere aus einem Flacheisen und die Gitterstäbe aus je 2 Flacheisen, die nach ihrer Längenmitte zu, auseinander gebogen und durch Einlage und Niet mit einander verbunden sind, damit sie auch die Fähigkeit haben, Druckspannung anzunehmen. Fig. 618 zeigt einen derartig construirten Binder, derselbe soll mit Zinkwellblech eingedeckt werden und es mögen 8 Fetten angeordnet sein, so dass die Fetten bei 6,3 Meter Spannweite des Binders 0,9 Meter horizontalen Abstand haben. Setzt man pro □Meter Dachfläche als Eigengewicht 30 Kilogr., als Winddruck 30 und als Schneedruck 70, zusammen 130 Kilogr., so beträgt dies pro □Meter Grundfläche bei der Dachneigung von 10 Grad: $\frac{130}{\cos 10^0} = \frac{130}{0{,}985} = 132$ Kilogr.; auf jede Fette kommt eine Last, wenn die Binder 3 Meter von Mitte zu Mitte entfernt liegen, von: $\frac{132 \cdot 6{,}3 \cdot 3}{7} = 356{,}4$ Kilogr. wofür man 360 Kilogr. annehmen kann. Von den Auflagern wird direct $^1/_7$ der ganzen Last aufgenommen, der Gegendruck der Auflager gegen die Stangenverbindung beträgt also noch $6 \cdot 360 = 2160$ Kilogr., wovon jedes Auflager die Hälfte, oder 1080 Kilogr. erhält. Hat man nun die parabolische Form des Binders nach Formel (198) oder (199) aufgetragen und die Knotenpunkte und deren Belastung eingezeichnet, so kann man die Spannungen in den Gurtungen und Diagonalen durch Führung der Schnitte ss und $s_1 s_1$ aus den aufzustellenden Momentengleichungen in sehr einfacher Weise ermitteln, wobei es für so kleine Träger meistens genügend ist, wenn man die Spannungen in der Mitte des Trägers und die an dem Auflager desselben berechnet.

Fig. 618.

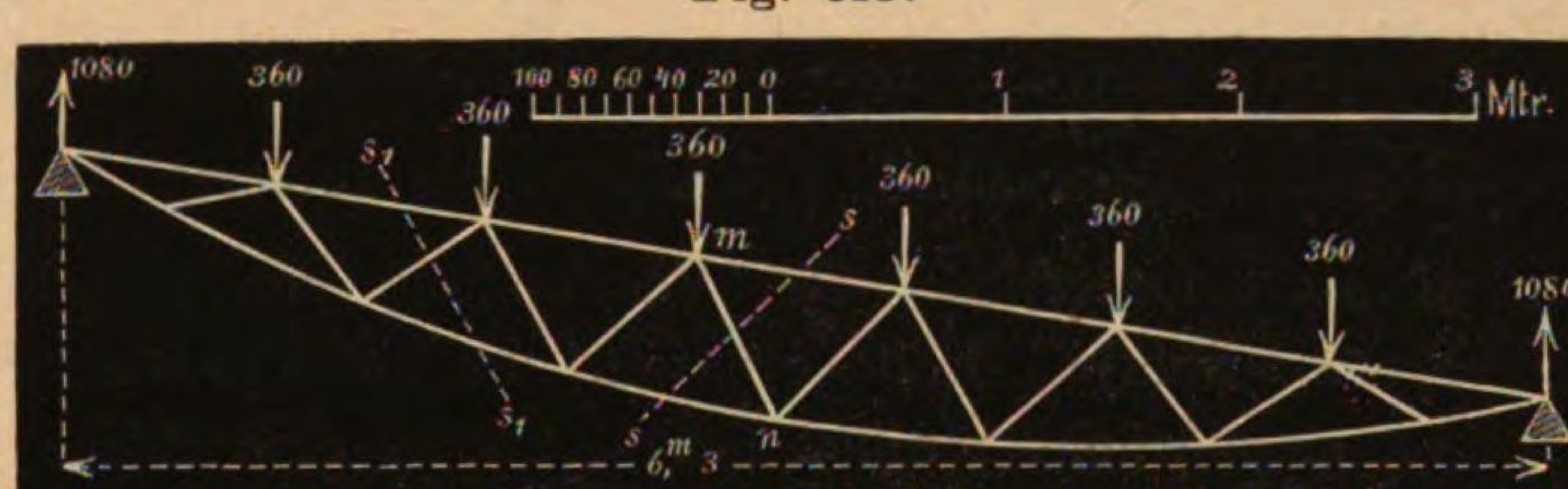
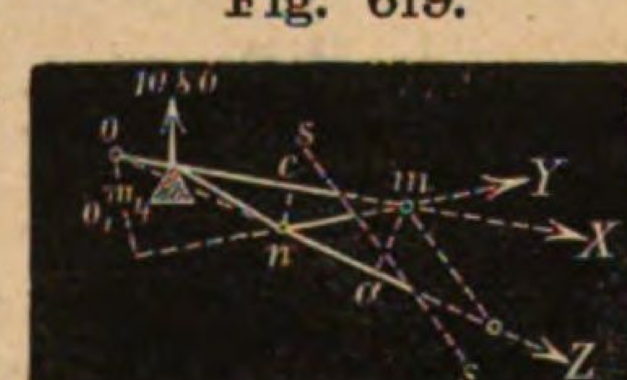


Fig. 619.



Die Kraft X Fig. 619 wirkt an dem Hebelarm $\overline{cn} = 0{,}18$ Meter, wenn, in Bezug auf den Schnitt ss, der Punkt n als Drehpunkt gewählt wird; man hat dann die Momentengleichung:

$$0 = X \cdot 0{,}18 + 1080 \cdot 0{,}42, \text{ oder } X \cdot 0{,}18 = -1080 \cdot 0{,}42, \text{ und hieraus:}$$

$$X = -\frac{1080 \cdot 0{,}42}{0{,}18} = -2520 \text{ Kilogramm.}$$

In Bezug auf den Drehpunkt m ergiebt sich für die an dem Hebelarm $\overline{am} = 0{,}3$ Meter wirkende Kraft Z die Gleichung:

$$0 = -Z \cdot 0{,}3 + 1080 \cdot 0{,}9, \text{ oder } Z \cdot 0{,}3 = + 1080 \cdot 0{,}9, \text{ somit:}$$

$$Z = + \frac{1080 \cdot 0{,}9}{0{,}3} = + 3240 \text{ Kilogramm.}$$

Die beiden von dem Schnitte *ss*, Fig. 619, getroffenen Gurtungen schneiden sich in dem Punkte *o* und die Kraft Y wirkt an einem Hebelarm von 0,4 Meter Länge, in Bezug auf den Drehpunkt *o* hat man die Momentengleichung:

$$0 = Y \cdot 0{,}4 + 1080 \cdot 0{,}22, \text{ oder } Y \cdot 0{,}4 = - 1080 \cdot 0{,}22, \text{ demnach:}$$

$$Y = - \frac{1080 \cdot 0{,}22}{0{,}4} = - 594 \text{ Kilogramm.}$$

In der Trägermitte ist, wenn der Schnitt *ss* Fig. 618 geführt wird, für den Drehpunkt *n*:

$$0 = X \cdot 0{,}65 - 360 \cdot 0{,}33 - 360 \cdot 1{,}23 - 360 \cdot 2{,}13 + 1080 \cdot 3{,}03;$$

$$X = - \frac{1944}{0{,}65} = - 3000 \text{ Kilogramm.}$$

Der Drehpunkt *m* Fig. 618 ergiebt die Momentengleichung:

$$0 = - Z \cdot 0{,}6 - 360 \cdot 0{,}9 - 360 \cdot 1{,}8 + 1080 \cdot 2{,}7, \text{ und hieraus:}$$

$$Z = + \frac{1944}{0{,}6} = + 3240 \text{ Kilogramm.}$$

Die beiden Gurtungstheile schneiden sich in einem Punkte, der in horizontaler Richtung 7,95 Meter über das Auflager hinaus liegt, und die Kraft Y hat einen Hebelarm von 8,8 Meter, hiernach ist die Momentengleichung für diesen Drehpunkt:

$$0 = Y \cdot 8{,}8 - 1080 \cdot 7{,}95 + 360 \cdot 8{,}85 + 360 \cdot 9{,}75 + 360 \cdot 10{,}65;$$

$$0 = Y \cdot 8{,}8 + 1944, \text{ oder } Y \cdot 8{,}8 = 1944 \text{ und daher}$$

$$Y = - \frac{1944}{8{,}8} = - 221 \text{ Kilogramm.}$$

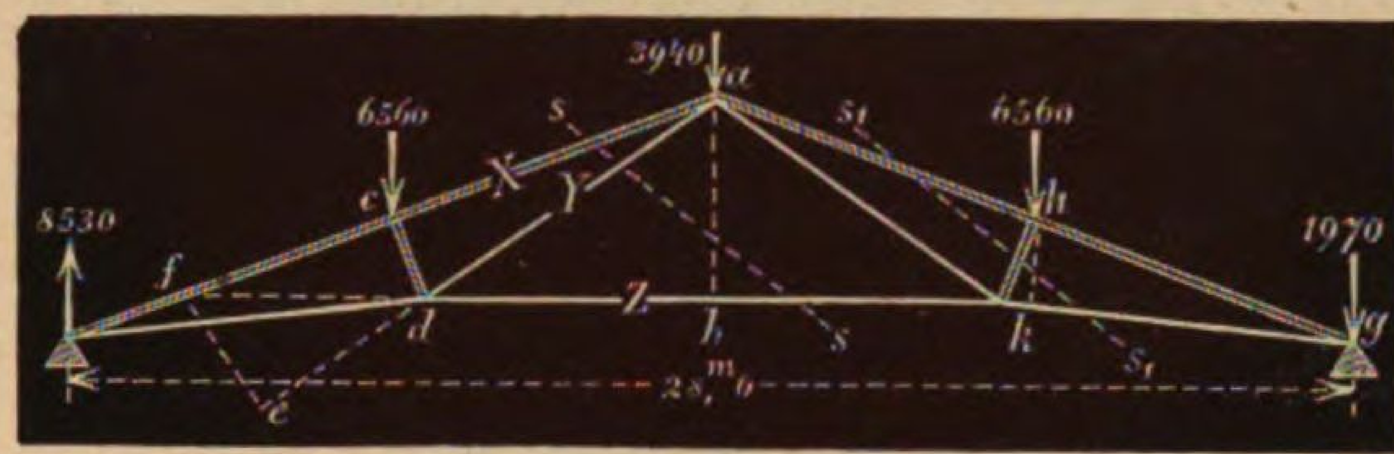
In der untern Gurtung herrscht die grösste Zugspannung von 3240 Kilogr.; erachtet man pro □Centim. Querschnitt 800 Kilogr. als zulässig, so sind $\frac{3240}{800} = 4{,}05$ □Centim. Netto-Querschnitt erforderlich. Bei Verwendung von 0,8 Centim. starkem Flacheisen müsste dasselbe 5,1 Centim. Breite erhalten, da dasselbe aber durch ein Nietloch von 1,5 Centim. Durchm. geschwächt werden muss, so ist eine Breite von $5{,}1 + 1{,}5 = 6{,}6$ oder rund 7 Centim. erforderlich. Die obere gedrückte Gurtung kann aus einem **T**-Eisen von 6,5 Centim. Höhe und Breite und 0,8 Centim. Flantsch- und Stegstärke construirt werden. Ein solches **T**-Eisen hat 9,7 □Centim. Querschnitt; da nun die grösste Pressung in der oberen Gurtung 3000 Kilogr. beträgt, so wird das Eisen nur mit $\frac{3000}{9{,}7} = 310$ Kilogr. pro □Centim. angestrengt, was jedenfalls zulässig ist, indem die Gurtung nach §. 34 nur auf einfachen Druck beansprucht wird, weil die Seitenabmessung = 6,5 Centim. sich zur freien Länge der Gurtungstheile zwischen den aussteifenden Fetten = 90 Centim. sich ca. wie 1 : 14 verhält. Die beiden horizontalen Auflager sind aus je 2 Blechplatten, à 4 Millim. stark, zu bilden, an welche 2 als Auflager dienende Winkeleisen angenietet werden. In den Gitterstäben herrscht die grösste Pressung von 594 Kilogr., dieselben erfordern daher einen sehr geringen Querschnitt; der praktischen Ausführung wegen wird man die Stäbe aber etwas stärker halten müssen, man giebt den Gitterstäben daher zweckmässig 4 Centim. Breite und 5 Millim. Stärke, sie werden nach Fig. 7, **Blatt 12** nach der Mitte zu auseinander gebogen und durch Zwischenlagen und Nieten mit einander verbunden, damit sie durch den Druck nicht einknicken.

§. 93. Spannungen in den Bindern der Satteldächer.

Bei dem in Fig. 13 bis 25, **Blatt 5** dargestellten, S. 180 beschriebenen Dache sind die einfachen Polonceau'schen Binder in 5,25 Meter Entfernung von Mitte zu Mitte aufgestellt. Das Eigengewicht des Daches beträgt pro □Meter Dachfläche 40,5 Kilogr.; rechnet man bei dem unter 20 Grad geneigten Dache für Winddruck 30 und für Schneelast 70 Kilogr., so macht dies zusammen 140,5 Kilogr. pro □Meter Dachfläche oder

$\frac{140,5}{\cos 20^0} = \frac{140,5}{0,94} = rot.$ 150 Kilogr. pro □Meter Grundfläche. Bei der Spannweite von 28,6 Meter erhält also jeder Binder die Last von 28,6 · 5,25 · 150 = 21000 Kilogr., wovon auf jede Binderhälfte 10500 Kilogr. kommen. Nach Fig. 60, S. 47 vertheilt sich diese Last auf die 3 Knotenpunkte jeder Hälfte des Binders so, dass auf die Mittelstütze $^5/_8$, auf die Endstützen aber nur je $^3/_{16}$ derselben kommt; demnach erhält jede Mittelstütze $^5/_8 \cdot 10500 = 6562$ Kilogr., jedes Auflager $^3/_{16} \cdot 10500 = 1969$ Kilogr. und der First $2 \cdot {}^3/_{16} \cdot 10500 = 3938$ Kilogr.; auf jedes Auflager kommt eine Last von 10500 Kilogr., zieht man hiervon die von dem Auflager direct aufgenommenen 1969 Kilogr. ab, so bleibt als Gegendruck gegen die Stangenverbindung 8531 Kilogr., welche Zahlen etwas abgerundet in Fig. 620 eingeschrieben sind.

Fig. 620.



Wird der Schnitt *ss* Fig. 620 geführt, so hat man für die Kraft X in der Strebe die an dem Hebelarm $\overline{cd} = 2,1$ Meter angreift, in Bezug auf den Drehpunkt d, die Momentengleichung:

$$0 = X \cdot 2,1 - 6560 \cdot 0,8 + 8530 \cdot 7,8, \text{ oder } 0 = X \cdot 2,1 + 61286, \text{ mithin:}$$

$$X = -\frac{61286}{2,1} = -29180 \text{ Kilogramm.}$$

Der Hebelarm $\overline{ab}$ hat eine Länge von 4,6 Meter, daher erhält man für die Spannung Z in der untern horizontalen Zugstange für den Drehpunkt a die Gleichung:

$$0 = -Z \cdot 4,6 - 6580 \cdot 7,15 + 8530 \cdot 14,3, \text{ und hieraus:}$$

$$Z = +\frac{76932}{4,6} = +16730 \text{ Kilogramm.}$$

Zur Berechnung der Kraft Y hat man den Durchschnittspunkt f der beiden mit durchschnittenen Stangen X und Z als Drehpunkt und die Kraft Y wirkt an dem Hebelarm $\overline{ef} = 3,4$ Meter: hiernach ergiebt sich die Gleichung:

$$0 = -Y \cdot 3,4 + 6560 \cdot 4,8 + 8530 \cdot 2,2, \text{ und hieraus:}$$

$$Y = +14780 \text{ Kilogramm.}$$

Führt man noch den Schnitt $s_1 s_1$ Fig. 620 und wählt den Punkt g als Drehpunkt, so ergiebt sich für den Druck D in der Stütze die Momentengleichung:

$$0 = -D \cdot 7,7 - 6560 \cdot 7,15, \text{ und somit:}$$

$$D = -6100 \text{ Kilogramm.}$$

Zur Berechnung der Spannung S in der untern Zugstange hat man den Punkt h als Drehpunkt und den Hebelarm $\overline{hk} = 2$ Meter, als Momentengleichung ergiebt sich demnach:

$$0 = S \cdot 2 - 8530 \cdot 7,15, \text{ daher:}$$

$$S = +30500 \text{ Kilogramm.}$$

Beansprucht man die Zugstangen mit 1000 Kilogr. pro □Centim. Querschnitt, so wird für die untere geneigte Zugstange ein Querschnitt von 30,5 □Centim., oder ein Durchm. von 6,2 Centim. erforderlich; ebenso erhält die obere geneigte Zugstange 14,8 □Centim. Querschnittfläche, oder 4,4 Centim. Durchm. und die untere horizontale Zugstange 16,7 □Centim. Querschnitt oder 4,6 Centim. Durchmesser. Die Drehbolzen erhalten denselben Durchmesser wie die von ihnen gehaltenen Zugstangen (vergl. S. 187). Die Stützen können nach S. 186 ausgeführt werden; in dem berechneten Beispiel bestehen dieselben aus Gusseisen und haben an den Enden 6 Centim. Durchm. oder 28 □Centim. Querschnitt, werden also pro □Centim. mit $\frac{6100}{28} = 220$ Kilogr. gepresst, welche Belastung sehr gering ist; in der Länge sind sie nach Fig. 254, S. 136 geformt. Die Stützen des Binders **Blatt 5**, Fig. 13 bis 25 sind also reichlich stark, die Zugstangen dagegen viel zu schwach ausgeführt, indem diese nur 4 Centim. Durchmesser erhalten haben, während für die untere geneigte Zugstange ein Durchmesser von 6,2 Centim. erforderlich gewesen

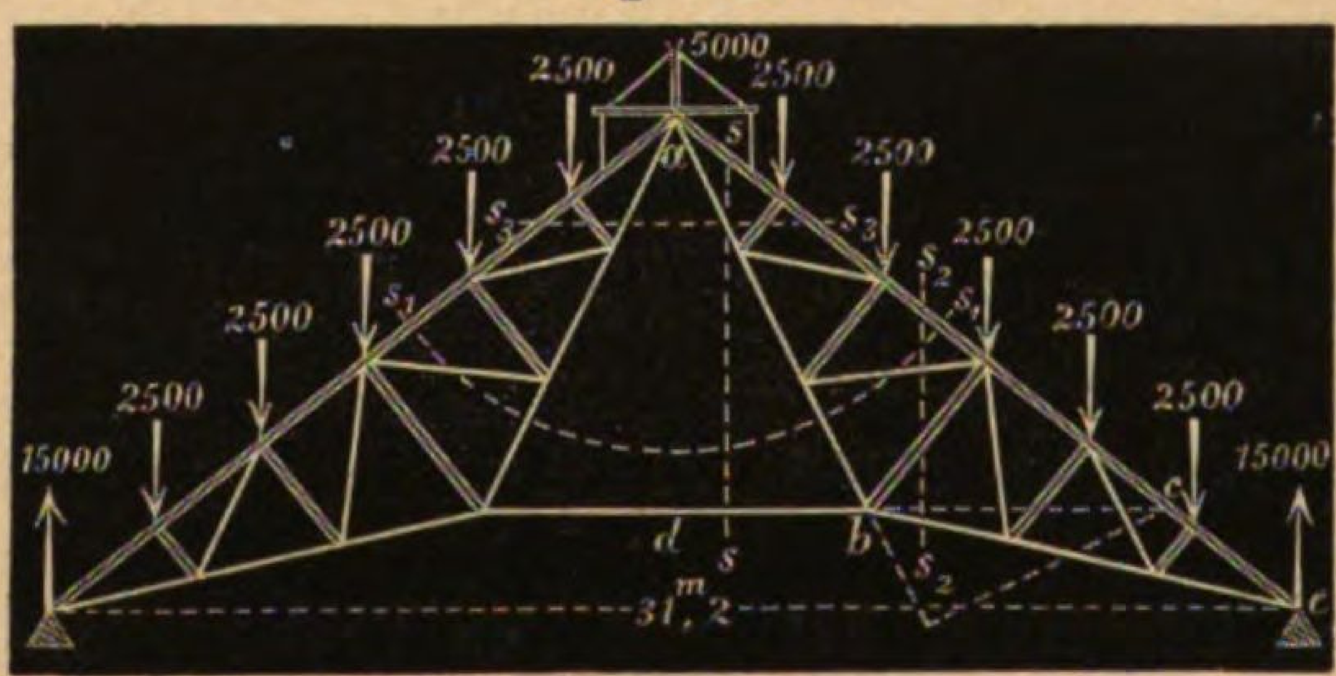
wäre. Beständen die Streben des Binders aus Holz, so müssten sie mindestens einen Querschnitt von $\frac{29180}{70} = 417$ □Centim. erhalten. Das für die Streben gewählte **I**-Eisen hat 22 Centim. Höhe und 6 Centim. Flantschbreite, dasselbe hat eine Querschnittfläche von ca. 46 □Centim. und ein Widerstandsmoment von ca. 250. Da jede der beiden Streben mit 29180 Kilogr. gepresst wird, so wird das Eisen mit $\frac{29180}{46} = 634$ Kilogr. pro □Centim. in Anspruch genommen. Die Streben werden durch die Fetten seitlich gegen Einknicken ausgesteift und die Entfernung von einer Fette zur andern beträgt ca. 1,9 Meter, daher verhält sich die Breite zur Länge eines freien Strebentheils wie 6 : 190 oder wie 1 : 31, es muss demnach §. 44, S. 51 berücksichtigt werden. Jede Strebenhälfte ist als Balken zu betrachten, der die gleichmässig vertheilte Last von $\frac{21000}{4} = 5250$ Kilogr. zu tragen hat; die freie Länge des Balkens ist $= 7,7$ Meter, daher pro lfd. Centim. die Last $p = \frac{5250}{770} = 6,8$ Kilogr. und somit wird nach Formel (58), S. 47 ein Widerstandsmoment erforderlich von:

$$W = \frac{p \cdot l^2}{8 \cdot k} = \frac{6,8 \cdot 770^2}{8 \cdot 800} = 630.$$

Das erforderliche Widerstandsmoment fällt allerdings geringer aus, wenn man die Mittelstütze nach Formel (59) senkt, doch ist das Widerstandsmoment von 250, welches die ausgeführten Streben haben, zur Uebertragung der Last auf die Knotenpunkte nicht ausreichend, wie denn überhaupt die Dimensionen des **I**-Eisens zu dieser Binderstrebe nicht zweckmässig gewählt sind, abgesehen davon, dass **I**-Eisen als Binderstreben im Allgemeinen unzweckmässig sind.

Das musterhaft construirte **Schwedler**'sche Dach Fig. 1, **Blatt 9** (S. 193) hat Binder von 31,2 Meter Spannweite, welche in Entfernungen von 3,89 Meter aufgestellt und mit Ziegel als Krondach eingedeckt wurden. Bei der statischen Berechnung dieses Daches sind 254 Kilogr. pro □Meter Grundfläche angenommen, was pro Binder eine Last von $31,2 \cdot 3,89 \cdot 254 =$ ca. 30000 Kilogr. ergiebt, wovon auf jeden Knotenpunkt $^1/_{12} = 2500$ Kilogr. kommt. Rechnet man die von dem Auflager direct aufgenommene Last ab, so drückt jedes Auflager mit 15000 Kilogr. gegen die Stangenverbindung. In Fig. 621 ist die Lastvertheilung eingeschrieben; wird hiernach der Schnitt *ss* geführt, wobei nur 3 Stangen geschnitten werden, so hat man für die Kraft Z der unteren horizontalen Zugstange den Drehpunkt a und den Hebelarm $\overline{ad} = 9,86$ Meter, hiernach erhält man die Momentengleichung:

Fig. 621.



$$0 = Z \cdot 9,86 + 2500 \cdot 2,6 + 2500 \cdot 5,2 + 2500 \cdot 7,8 + 2500 \cdot 10,4 + 2500 \cdot 13 + 15000 \cdot 15,6,$$

und: $Z = +13850$ Kilogramm.

Als grösste zulässige Belastung der Constructionstheile pro □Centim. Querschnitt sind 730 Kilogr. angenommen. Die Stange erfordert also einen Querschnitt von $\frac{13850}{730} = 19$ □Centim. oder einen Durchmesser von 4,9 Centim., den dieselbe in Wirklichkeit auch erhalten hat. Für die Kraft X in der Strebe hat man den Drehpunkt b und die Gleichung der statischen Momente:

$$0 = -X \cdot 4,7 - 2500 \cdot 2,25 + 2500 \cdot 0,4 + 2500 \cdot 3 + 2500 \cdot 5,6 + 2500 \cdot 8,2 - 15000 \cdot 10,8;$$

$X = -26500$ Kilogramm.

Der Punkt c als Durchschnittspunkt der beiden von *ss* mit durchschnittenen Stangen ist Drehpunkt für die Berechnung der Kraft Y in der nach dem First laufenden Zugstange und es wird:

$0 = Y \cdot 6{,}8 - 2500 \cdot 9{,}7 - 2500 \cdot 7{,}1 - 2500 \cdot 4{,}5 - 2500 \cdot 2 + 2500 \cdot 0{,}6 - 15000 \cdot 3{,}2,$

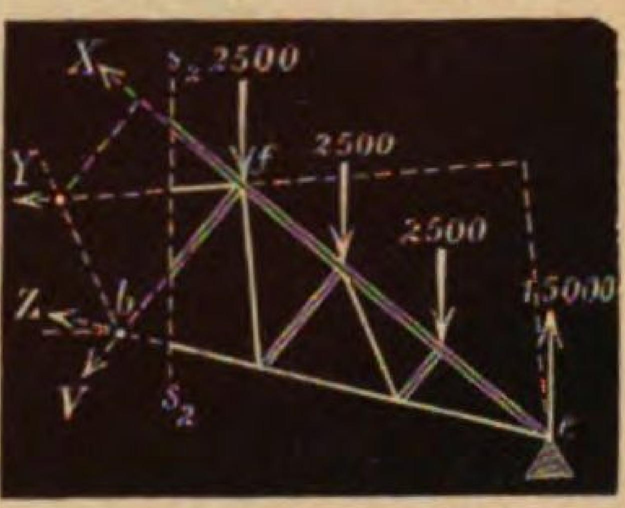
und hieraus:

$Y = + 15400$ Kilogramm.

Diese letztere Stange erfordert also einen Querschnitt von $\frac{15400}{730} = 21$ □Centim.; sie hat einen Brutto-Querschnitt von $2 \cdot 13{,}1 = 26{,}2$ □Centim. und nach Abzug eines Nietloches von 2 Centim. Durchmesser einen Netto-Querschnitt von 22,2 □Centim. erhalten.

Durch Führung des Schnittes $s_1 s_1$ und $s_3 s_3$ kann man die Spannungen in den oberen Zwischenstangen ermitteln, wenn man den Firstpunkt a als Drehpunkt annimmt, wobei man nur eine Seite des Binders mit der einen zu berechnenden Stange zu beachten braucht. Der Schnitt $s_2 s_2$ aber trifft 4 Stangen, deren Spannungen jedoch leicht bestimmt werden können, wenn eine derselben schon bekannt ist. Die Kraft $Y = 2850$ Kilogr., wurde für Fig. 622 durch den Schnitt $s_1 s_1$ berechnet; betrachtet man nun den Punkt b, Fig. 622, als Drehpunkt, so ergiebt sich die Momentengleichung:

Fig. 622.



$0 = - X \cdot 4{,}7 - Y \cdot 3{,}4 + 2500 \cdot 3 + 2500 \cdot 5{,}6 + 2500 \cdot 8{,}2 - 15000 \cdot 10{,}8.$

Setzt man für Y den bereits ermittelten Zahlenwerth ein, so erhält man:

$X = - 27600$ Kilogramm.

Der Punkt f als Drehpunkt ergiebt:

$0 = Z \cdot 4{,}26 + 2500 \cdot 2{,}6 + 2500 \cdot 5{,}2 - 15000 \cdot 7{,}8$, und hieraus:

$Z = + 22900$ Kilogramm.

Ferner ergiebt der Auflagerpunkt e als Drehpunkt die Momentengleichung:

$0 = - V \cdot 10 - Y \cdot 7 - 2500 \cdot 2{,}6 - 2500 \cdot 5{,}2 - 2500 \cdot 7{,}8$; oder:

$V = - 5900$ Kilogramm.

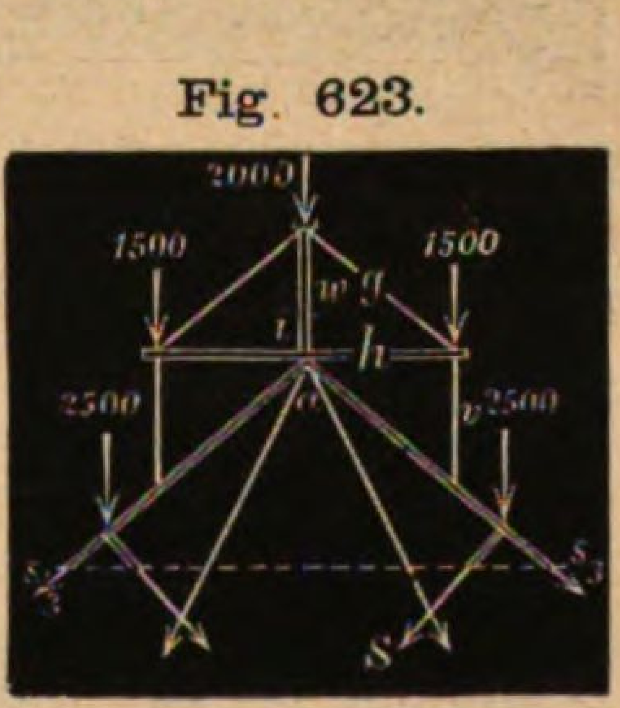
In der obersten Stütze Fig. 623 findet man die Spannung S, wenn der Schnitt $s_3 s_3$ geführt und der Punkt a als Drehpunkt angenommen wird, durch die Gleichung:

$0 = - S \cdot 3{,}3 - 2500 \cdot 3{,}6$, oder es ist:

$S = - 2000$ Kilogramm.

Der im First aufgebaute Dachreiter ist derartig construirt, dass dessen ganze Belastung auf die Stütze w, Fig. 623, und von dieser auf den Knotenpunkt im First des Binders übertragen wird; die verticalen Stangen v haben nur die Aufgabe, den Dachreiter gegen Winddruck auszusteifen. In den Stangen des Aufbaues sind die Spannungen leicht zu ermitteln. Denkt man die Stangen v weg und betrachtet den Punkt i als Drehpunkt, so hat man mit Berücksichtigung der Fig. 406, für die Spannung in der Stange g:

Fig. 623.



$0 = G \cdot 1{,}1 - 1500 \cdot 2$, oder hieraus:

$G = + 2700$ Kilogramm.

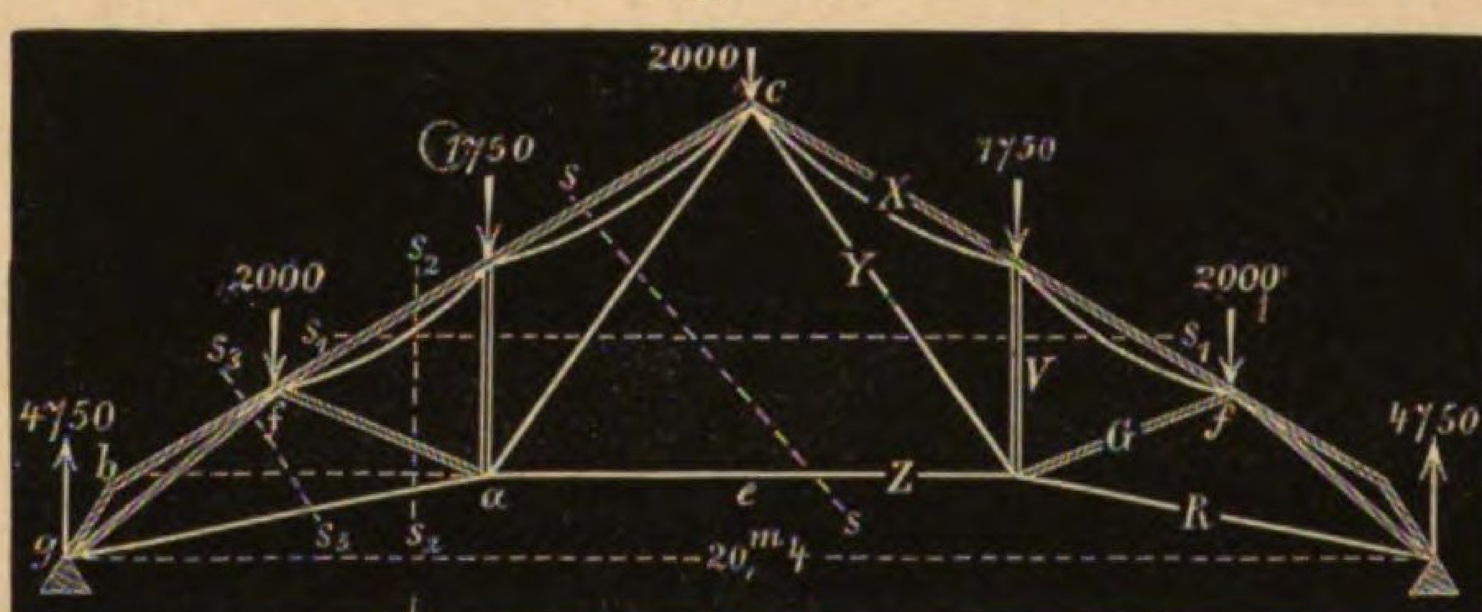
Durch diese Zugkraft wird in der Stange h eine Pressung hervorgerufen, deren Grösse sich ergiebt, wenn man G mit dem Verhältniss der Stangenlängen $\frac{w}{h} = \frac{1{,}42}{1{,}8} = 0{,}79$ multiplicirt; es ist also der Druck in der Stange $h = 0{,}79 \cdot 2700 = 2100$ Kilogr.; die Druckkraft in der verticalen Stange w ist gleich der ganzen Last des Aufbaues $= 5000$ Kilogramm. Die einseitige Dachfläche des Aufbaues beträgt pro Binderweite etwa $3{,}2 \cdot 3{,}89$ = *rot.* 12,5 □Meter; nimmt man an, der Winddruck sei gegen die geneigte Fläche halb so gross wie gegen eine normal zu seiner Richtung stehende Fläche, so wird der Winddruck auf diese Fläche nach Formel (239), S. 155, pro □Meter: $d = \frac{1}{2} \cdot 0{,}116 \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 0{,}116 \cdot 30^2 = 52{,}2$ Kilogr., oder auf die Fläche pro Binderweite $52{,}2 \cdot 12{,}5 = 650$ Kilogr.; diese Kraft kann man in der Mitte der Dachfläche angreifend denken und man erhält, wenn man den Punkt i Fig. 623 als Drehpunkt annimmt, für die Zugkraft in der verticalen Stange v die Momentengleichung:

$0 = - V \cdot 1{,}9 + 650 \cdot 0{,}75$, oder $V = + 250$ Kilogramm.

In Fig. 405 und 406, S. 195 sind die Verbindungsstellen der Stangen angegeben. Jede Hauptstrebe des Binders dieses Daches besteht (S. 194) aus 2 ⊏-Eisen, welche am unteren Ende die grösste Pressung von 34250 Kilogr. erleiden. Der Querschnitt beider ⊏-Eisen beträgt zusammen 48 □Cent., sie werden demnach pro □Cent. mit $\frac{34250}{48} = 714$ Kilogr. beansprucht; ihre Höhe ist = 15,2 und ihre Breite zusammen = 14,4 Centim., so dass das Verhältniss ihrer Breite zu ihrer Länge zwischen den seitlich aussteifenden Fetten etwa 1 : 20 beträgt, die Last von 714 Kilogr. also noch zulässig ist. Dagegen hat das ⊏-Eisen der mittleren Stütze unter den Binderstreben nur 7,8 Centim. Höhe, wobei die Querschnittfläche beider ⊏-Eisen zusammen 32 □Centim. und das Verhältniss der Höhe zur Länge der Stütze 1 : 44 beträgt, wesshalb die Stütze auch nur mit $\frac{5900}{32} = 185$ Kilogr. pro □Centim. belastet ist.

Um die in dem Binder Fig. 14, **Blatt 9** (S. 196) vorkommenden Spannungen berechnen zu können, muss man erst die Belastungen der oberen Knotenpunkte ermitteln. Die Weite des überdeckten Raumes ist = 19,7 Meter, die Entfernung der Binder von Mitte zu Mitte = 2,824 Meter, da nun bei diesem mit Zinkwellblech Nr. 14 eingedeckten Dache 152 Kilogr. pro □Meter Grundfläche für die Berechnung angenommen sind, so kommt auf jeden Binder eine Last von 19,7 · 2,824 · 152 = 8456, wofür 8500 Kilogr. gesetzt werden mögen. Hiervon erhält jede der 26 Stück Fetten $\frac{8500}{26} = 327$ Kilogr., etwa 6 dieser Theile kommen auf den Firstknotenpunkt, 5 derselben auf jeden Knotenpunkt zunächst des Firstes und je 4 Theile auf die folgenden Knotenpunkte, während der Rest direct von den Auflagern aufgenommen wird. Die Knotenpunkte f Fig. 624 erhalten aber noch nach Fig. 14, **Blatt 9** durch die Hängestange S, woran ein Laufgang aufgehängt ist, eine weitere Belastung. In Fig. 624 sind die auf den verschiedenen Knotenpunkten kommenden Lasten, sowie die hierdurch hervorgerufenen Gegendrücke der Auflager gegen die Stangenverbindung, eingeschrieben. Der Schnitt ss ergiebt in Bezug auf den Drehpunkt c für die Kraft Z der untern horizontalen Zugstange die Momentengleichung:

Fig. 624.



$$0 = -Z \cdot 5{,}6 - 1750 \cdot 4 - 2000 \cdot 7{,}25 + 4750 \cdot 10{,}2, \text{ oder:}$$
$$Z = +\ 4810 \text{ Kilogramm.}$$

Demnach ist für diese Stange ein Querschnitt von $\frac{4810}{730} = 6{,}6$ □Centim., oder ein Durchmesser von 29 Millim. erforderlich; in Wirklichkeit ist ein Durchm. von 31 Millim. ausgeführt. Für die Kraft Y erhält man, wenn der Punkt b als Drehpunkt gewählt wird, die Gleichung:

$$0 = -\ Y \cdot 4{,}2 + 2000 \cdot 1{,}9 + 1750 \cdot 5{,}1 + 4750 \cdot 1{,}2, \text{ und hieraus:}$$
$$Y = +\ 4400 \text{ Kilogramm.}$$

Bei 730 Kilogr. Belastung pro □Centim. werden 6 □Centim. Querschnitt nöthig. Dieser Querschnitt entspricht einem Stangendurchmesser von 28 Millim., der auch zur Ausführung gekommen ist. Der Drehpunkt a dient zur Berechnung der Kraft X, für diese hat man die Gleichung:

$$0 = X \cdot 2{,}6 - 2000 \cdot 3{,}2 + 4750 \cdot 6{,}3, \text{ und hiernach:}$$
$$X = -\ 9050 \text{ Kilogramm.}$$

Durch den Schnitt $s_1 s_1$, Fig. 624, kann man die Kraft V in der Stütze ermitteln, die in dem vorliegenden Falle, wo die Stütze vertical gerichtet ist, gleich der directen Belastung = — 1750 Kilogr. sein muss. Der Schnitt $s_2 s_2$ dient zur Ermittlung der Kräfte X_1, G

und R; da sich für X_1 dieselbe Gleichung wie für X ergiebt, so muss auch $X_1 = X = -9050$ Kilogr. sein. Ferner ist für G in Bezug auf den Drehpunkt g:

$$0 = G \cdot 3{,}3 + 2000 \cdot 3{,}1, \text{ wonach:}$$
$$G = -1880 \text{ Kilogramm wird.}$$

Für R wird, wenn f als Drehpunkt dient:

$$0 = -R \cdot 1{,}74 + 4750 \cdot 3{,}1, \text{ somit wird:}$$
$$R = +8460 \text{ Kilogramm.}$$

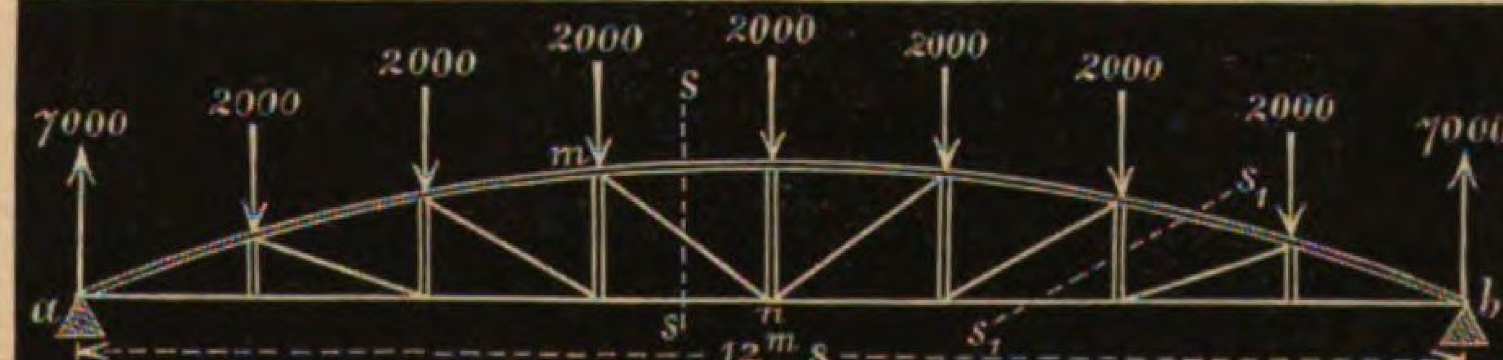
An Querschnitt werden daher $\frac{8460}{730} = 11{,}6$ □Centim. erforderlich, oder ein Stangendurchm. von 39 Millim., der nach der Zeichnung auch ausgeführt wurde. Es bleibt nun noch durch den Schnitt $s_3 s_3$ die Kraft X_3 zu ermitteln übrig. Wählt man den Drehpunkt a, so wird:

$$0 = X_3 \cdot 2{,}9 - 2000 \cdot 3{,}2 + 4750 \cdot 6{,}3; \text{ aus dieser Gleichung wird:}$$
$$X_3 = -8110 \text{ Kilogramm.}$$

Die grösste Pressung in den Streben ist also $= X = -9050$ Kilogr.; werden dieselben auf einfachen Druck in Anspruch genommen, so sind $\frac{9050}{730} = 12{,}4$ □Centim. Querschnitt nöthig. In Wirklichkeit bestehen die Streben aus 2 Winkeleisen von 60 × 8 Millim. Schenkelstärke, wobei die Fetten ca. 90 Centim. von Mitte zu Mitte entfernt sind. Nach der Seite können die Streben nicht ausweichen, weil die Breite der beiden Winkeleisen wesentlich grösser ist als deren Höhe, die letztere verhält sich zur freien Länge zwischen 2 Fetten wie 6 : 90, oder wie 1 : 15. Beide Winkeleisen haben zusammen eine Querschnittfläche von 18 □Centim., sie sind daher nur mit $\frac{9050}{18} = 500$ Kilogr. pro □Centim. belastet. Die Stützen D und E Fig. 14, **Blatt 9** sind je aus 2 Winkeleisen von 52 × 6 Millim. Schenkelstärke gebildet und haben 11,4 Centim. Querschnitt, werden also pro □Centim nur mit ca. $\frac{1880}{11{,}4} = 165$ Kilogr. beansprucht, wobei ihre Breite sich zur Stützenlänge etwa wie 1 : 25 verhält. Die parabolischen Zwischenträger, welche die Last des Daches auf die Knotenpunkte des Binders übertragen, werden in derselben Weise berechnet, wie es in Fig. 618 angedeutet ist. Solche Zwischenträger werden am besten **unter** die Streben gelegt, wie in den beiden oberen Feldern Fig. 14, **Blatt 9**, indem dann die Streben direct durch die Fetten ausgesteift werden können, was in den unteren Feldern dieses Binders nicht der Fall ist, indem hier die Zwischenträger **über** den Streben liegen, und die letzteren daher besonders gegen die Fetten abgesteift werden müssen.

Der Binder Fig. 12, **Blatt 7** (S. 189) ist für den Mittelbau des in Fig. 8, **Blatt 8** im Grundrisse dargestellten Gebäudes ausgeführt; hiernach erhalten die beiden mittleren, am weitesten von einander entfernten Binder die grösste Belastung. Die Fetten Nr. I, Fig. 11, **Blatt 7**, haben 10,464 Meter, die Fetten Nr. II haben 6,28 Meter Länge, daher kommt auf jeden der beiden mittleren Binder eine Dachfläche von $\frac{1}{2}(10{,}464 + 6{,}28) = 8{,}372$ Meter Länge. Von den Mitten der Auflager beträgt die Spannweite der Binder ca. 12,8 Meter, mithin ist die Dachfläche, welche einer der am stärksten belasteten Binder zu tragen hat $12{,}8 \cdot 8{,}372 = 107{,}2$ □Meter. Das Dach ist mit Zinkblech Nr. 14 nach dem Leistensystem auf Schaalung eingedeckt und man kann als Eigengewicht pro □Meter Grundfläche 45 Kilogr., für Schnee- und Winddruck 105, zusammen 150 Kilogr. annehmen. Demnach ist die Last, welche ein Binder aufzunehmen hat $107{,}2 \cdot 150 =$ *rot.* 16000 Kilogr., wovon jeder Knotenpunkt des Binders $\frac{1}{8}$ oder 2000 Kilogr erhält, so dass jedes Auflager mit 7000 Kilogr. gegen die Stangenverbindung des Binders drückt. Diese Zahlenwerthe sind in Fig. 625 eingeschrieben.

Fig. 625.



Durch den Schnitt ss hat man, da der Abstand der Knotenpunkte 1,6 Meter und die Trägerhöhe in der Mitte 1,3 Meter beträgt, für die Kraft X in der obern Gurtung, wenn n als Drehpunkt dient, die Gleichung:

$$0 = X \cdot 1{,}3 - 2000 \cdot 1{,}6 - 2000 \cdot 3{,}2 - 2000 \cdot 4{,}8 + 7000 \cdot 6{,}4, \text{ somit:}$$

$$X = -\ 19700 \text{ Kilogramm.}$$

In der untern Gurtung findet man für denselben Schnitt die Kraft Z, wenn m als Drehpunkt angenommen wird, aus der Momentengleichung:

$$0 = -\ Z \cdot 1{,}24 - 2000 \cdot 1{,}6 - 2000 \cdot 3{,}2 + 7000 \cdot 4{,}8, \text{ oder es ist:}$$

$$Z = +\ 19360 \text{ Kilogramm.}$$

Jedenfalls sind diese beiden Spannungen X und Z in der Trägermitte die Maximalspannungen, welche in den Gurtungen vorkommen. Die obere Bindergurtung besteht nach Fig. 12, **Blatt 7** aus 2 Winkeleisen, die zusammen 76 □Centim. Querschnitt haben, also höchstens pro □Centim. mit $\frac{19700}{76} = 260$ Kilogr. belastet werden. Die Höhe der Gurtung verhält sich zu deren freien Länge zwischen den Knotenpunkten ca. wie 1 : 15; hätte man die verticalen Schenkel der Winkeleisen etwas höher gehalten, so wären mindestens 700 Kilogr. pro □Centim. zulässig gewesen und man hätte nur etwa $^1/_3$ des ausgeführten Querschnittes nöthig gehabt. Bei der untern Gurtung hat eine ähnliche Eisenverschwendung stattgefunden; deren Brutto-Querschnitt beträgt nämlich 52 □Centim. und wenn man ein Nietloch von 2,5 Millim. Durchmesser abrechnet, so bleiben noch 44 □Centim. Netto-Querschnitt übrig. Die grösste Anstrengung des Querschnittes ist also nur $\frac{19360}{44} = 440$ Kilogr. pro □Centim. während 800 Kilogr. zulässig gewesen wären; der Querschnitt ist demnach fast doppelt so gross als erforderlich war.

Nach den auf Seite 121 bis 125 gegebenen Regeln lassen sich durch Führung der Schnitte ss und $s_1 s_1$ Fig. 625 auch die Spannungen in den Diagonalen und Verticalen berechnen. Für diese Stangen wurde ebenfalls viel mehr Material aufgewendet, als es die darin herrschenden Spannungen bedingten, wie dies bereits auf S. 189 nachgewiesen wurde. Der Grund, warum dieses Dach so übermässig schwer construirt ist, lag darin, dass man dem Lieferanten die Arbeit nach dem Gewichte bezahlte und dieser zu seinem Vortheil so viele Ctr. wie irgend möglich herauszubringen suchte.

Auf Seite 192 sind die Belastungen angegeben, welche bei der statischen Berechnung des Binders Fig. 4, **Blatt 8** zu Grunde gelegt wurden; es sind pro lfd. Centim. Binderlänge 6,7 Kilogr. angenommen. Hiernach vertheilt sich die Last auf die Knotenpunkte des Binders in der Weise, wie es in Fig. 626 eingeschrieben ist. Der Firstknotenpunkt erhält ca. 1360 Kilogr., die übrigen Knotenpunkte des Hauptdaches 1280 Kilogr., während sich die Last jedes Vordaches auf 3 Stützpunkte vertheilt, wobei man den Antheil jeder Stütze nach Fig. 60, S. 47, ermitteln kann. Der mittlere Knotenpunkt erhält etwa 1600, jeder Endknotenpunkt aber nur ca. 600 Kilogr. und kann die Last des Knotenpunktes B Fig. 4, **Blatt 8**, als direct von dem Auflager aufgenommen, angesehen werden. Der Gegendruck jedes Auflagers gegen die Stangenverbindung des Binders ist demnach $3 \cdot 1280 + {}^1/_2 \cdot 1360 + 1600 + 600 = 6720$ Kilogramm.

Wird zur Berechnung der Spannungen in den Stangen des Binders Fig. 626 der Schnitt ss geführt, so hat man für die Kraft X in der obern Gurtung den Drehpunkt o, und in Bezug hierauf, die Momentengleichung:

$$0 = X \cdot 1{,}3 - 1280 \cdot 2 - 1280 \cdot 3{,}8 - 1280 \cdot 5{,}7 + 6720 \cdot 7{,}2 - 1600 \cdot 9{,}9 - 600 \cdot 11{,}9; \text{ hieraus}$$

wird: $X = -\ 10680$ Kilogramm.

Die beiden Winkeleisen der oberen Gurtung haben zusammen ca. 26 □Centim. Querschnitt, dieselben werden somit pro □Centim. mit $\frac{10680}{26} = 410$ Kilogr. belastet. Die freie Länge l der Gurtung zwischen den aussteifenden Fetten und Knotenpunkten beträgt etwa 190 Centim.; nach Formel (88), S. 54, ist die zulässige Belastung P der 7,2 Centim. hohen Winkeleisen der oberen Bindergurtung:

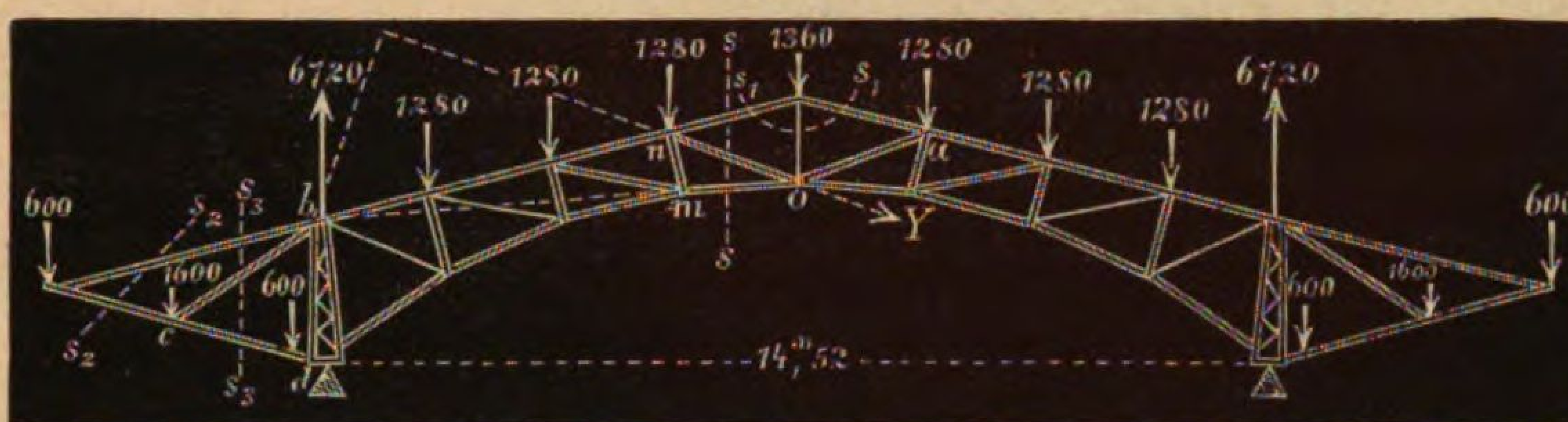
$$P = \frac{15 \cdot F \cdot k \cdot B}{l} = \frac{15 \cdot 26 \cdot 730 \cdot 7{,}2}{190} = 10800 \text{ Kilogramm};$$

also ist der Querschnitt der Gurtung ganz richtig bestimmt. Für die Kraft Z in der unteren Gurtung hat man bei demselben Schnitte den Drehpunkt n und die Gleichung der statischen Momente:

$$0 = -Z \cdot 0{,}95 - 1280 \cdot 1{,}85 - 1280 \cdot 3{,}7 + 6720 \cdot 5{,}3 - 1600 \cdot 7{,}9 - 600 \cdot 9{,}95,$$

wonach $Z = +10300$ Kilogr. wird. Nach Abzug eines Nietloches beträgt der Querschnitt der beiden Winkeleisen dieser Gurtung noch 15 □Centim., er würde daher stark genug sein, die Zugspannung allein aufzunehmen; die Gurtung ist an dieser Stelle aber noch durch ein Flacheisen von ca. 7,8 □Centim. Querschnitt verstärkt, was darin begründet ist, dass die Gurtung durch Winddruck von unten stärker beansprucht wird. In der vom Schnitte ss Fig. 626 getroffenen Diagonalen kann man die Spannung ermitteln, wenn man den Durchschnittspunkt b der beiden mitdurchschnittenen Stangen als Drehpunkt wählt; man hat für diesen die Momentengleichung:

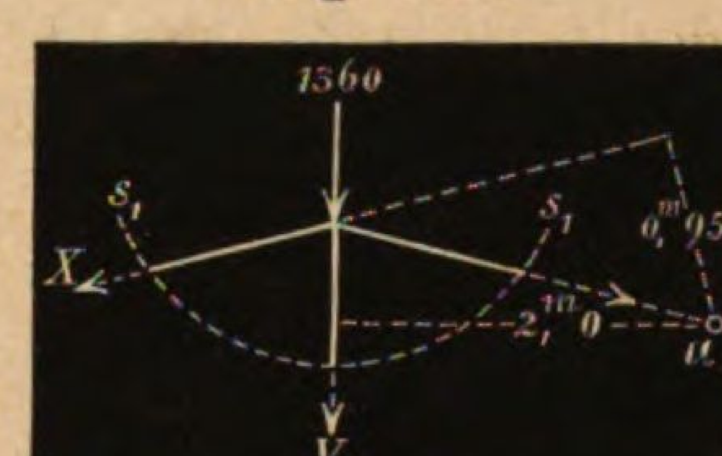
Fig. 626.



$$0 = Y \cdot 3{,}8 + 1280 \cdot 6 + 1280 \cdot 4{,}1 + 1280 \cdot 2{,}2 - 6720 \cdot 0{,}6 - 1600 \cdot 2 - 600 \cdot 4; \text{ oder:}$$
$$Y = -1620 \text{ Kilogramm}.$$

Die Spannung V in der verticalen Stange unter dem First kann man erst dann ermitteln, wenn man die Spannung einer anliegenden Stange berechnet hat. Wird der Schnitt $s_1 s_1$ geführt und der Punkt a Fig. 626 und 627 als Drehpunkt angenommen, so erhält man die Gleichung der statischen Momente:

Fig. 627.



$0 = -V \cdot 2 - 1360 \cdot 2 - X \cdot 0{,}95$; nun ist schon $X = -10680$ Kilogr. ermittelt, somit wird:

$$0 = -V \cdot 2 - 1360 \cdot 2 - (-10680) \cdot 0{,}95; \text{ oder hieraus:}$$
$$V = +3710 \text{ Kilogramm}.$$

Die beiden Flacheisen, woraus diese Verticale besteht, haben zusammen ca. 9 □Centim. Nettoquerschnitt, der für die Zugkraft V mehr als ausreichend ist. Um die Kräfte in den Constructionstheilen der Vordächer zu ermitteln, kann zuerst der Schnitt $s_2 s_2$ Fig. 626 geführt und der Punkt b resp. c als Drehpunkt angenommen werden, führt man dann den Schnitt $s_3 s_3$ und wählt die Punkte b resp. d als Drehpunkt, so kann man mit Hülfe der zuerst ermittelten Kraft in der oberen schrägen Stange, die Kräfte in den andern beiden mitdurchschnittenen Stangen leicht bestimmen. Bei diesem Dache kann der Wind durch die offenen Thüren des Schuppens auch von unten angreifen, wesshalb man die Spannungen noch berechnen muss, welche in den Stangenverbindungen entstehen, wenn die Kraft des Sturmes das Dach nach oben zu heben versucht. Für das Hauptdach sind 50, für die Vordächer 100 Kilogr. pro □Meter Grundfläche als vertical aufwärts wirkend angenommen. Dieser Druck ist also auf die Knotenpunkte des Binders zu vertheilen, wobei die von Schnee und Winddruck herrührende Last auf der Dachfläche weg gedacht werden muss, und dann die Rechnung von Neuem durchzuführen. Jede Stange des Binders wird demnach in doppelter Weise beansprucht und ist der Querschnitt der Constructionstheile so zu bestimmen, dass die Stangen beide Spannungen mit Sicherheit übertragen können. Jedes Binderauflager ist durch 2 Anker von 2 Centim. Durchmesser mit dem Mauerwerke verbunden und dadurch gegen Abheben durch Sturm gesichert.

In ganz ähnlicher Weise, wie in Fig. 626, lassen sich auch die Spannungen in den Bogenbindern Fig. 419, sowie **Blatt 10,** Fig. 3 und 11, berechnen, weil die Schnitte leicht so geführt werden können, dass jedesmal nur 3 Stangen getroffen werden, wobei

der Durchschnittspunkt je zweier Stangen als Drehpunkt des Hebels dient, wonach die Kraft der dritten Stange, sich aus der Gleichung der statischen Momente sehr einfach bestimmen lässt. Die Länge der Hebelarme misst man am einfachsten direct aus der Zeichnung, die natürlich zu diesem Zwecke in einem entsprechend grossen Maassstabe und genau ausgeführt sein muss.

Bei der Berechnung der eisernen Thurmspitzen, wo wegen der Steilheit keine Schneeablagerung stattfindet, hat man nur den Seitendruck zu berücksichtigen den Orkane auf den Thurm ausüben können. Um hier sicher zu gehen, kann der Winddruck $d = 200$ Kilogr. pro □Meter angenommen werden; dieser Druck würde aber nur auf eine zur Windrichtung **senkrecht** stehende Ebene ausgeübt werden. Ist der Thurm cylindrisch, so kann man als Druckfläche $= 0{,}57$ der Fläche des mittleren Verticalschnittes in Rechnung bringen, ebenso wenn er kegelförmig ist; wenn er dagegen die Form einer 8-seitigen Pyramide hat, so ist die Druckfläche $F = 0{,}7$ bis $0{,}8$ der Fläche des mittleren Verticalschnitts zu nehmen. Die Kraft $d \cdot F$ kann nun im Schwerpunkte der mittleren Verticaldurchschnittsfläche angreifend und die Thurmspitze selbst als einseitig eingespannter Balken (§. 39) angesehen werden, wonach sich die Inanspruchnahme des Materials an der Einspannungsstelle leicht ermitteln lässt. Die letztere kann man in verschiedener Höhe annehmen, den darüber liegenden Theil als selbstständige Thurmspitze betrachten und in dieser Weise die Inanspruchnahme des Materials an jeder beliebigen Stelle berechnen. Das Eigengewicht des Thurmes muss natürlich immer mit in Rechnung gezogen werden, ebenso die Lasten, die etwa in dem Thurme aufgehängt sind.

Den gemauerten Unterbau der eisernen Thurmspitzen macht man gewöhnlich oben $1^1/_2$ Stein stark, theilt die Höhe desselben in Stockwerke von je 4 bis 5 Meter und verstärkt jedes nach unten folgende Stockwerk um $^1/_2$ Stein.

Sechster Abschnitt.

Construction der Decken.

I. Decken aus Holz und Eisen.

§. 94. Deckenconstructionen aus Holz.

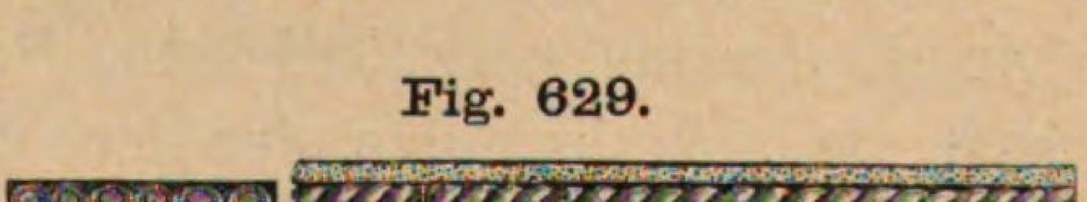
Die einfachste aber auch unvollkommenste Decke eines Raumes wird nach Fig. 628 aus hölzernen Balken mit einem darüber liegenden Fussboden aus 2 bis 4 Centim. starken Brettern hergestellt, wobei die Balken 0,6 bis 1,2 Meter von Mitte zu Mitte entfernt gelegt werden. Solche Decken haben pro □Meter ein Eigengewicht von ca. 60 Kilogr., wenn die Balken $^{20}/_{25}$ Centim. (20 breit, 25 hoch) stark und 0,9 Meter von Mitte zu Mitte entfernt sind, bei derselben Entfernung und $^{25}/_{30}$ Centim. Balkenstärke wiegt die Decke ca. 80 Kilogr.; beträgt die Balkenweite aber 1,2 Meter, so ist das Eigengewicht der Decke bei $^{20}/_{25}$ Centim. Balkenstärke 56, bei $^{25}/_{30}$ Centim. Stärke 66 Kilogramm. Die vorstehend erwähnte Decke ist aus dem Grunde unvollkommen, weil sie die warme oder kalte Luft des unterliegenden Raumes durchlässt und weil der Schall durch dieselbe so leicht fortgepflanzt wird, dass alle Bewegungen auf dem oberen Fussboden unten zu hören sind. Der letztere Uebelstand wird noch verstärkt, wenn man die untere Seite der Balken verschaalt, berohrt und verputzt, indem dann der hohle Raum zwischen den Balken als Resonanzkasten wirkt. Zur Dämpfung des Schalles müssen die hohlen Räume zwischen den Balken ganz oder theilweise ausgefüllt werden und zwar mit solchen Materialien die schlechte Wärmeleiter sind, wie Lehm, Kalkschutt, Steinkohlengrus, Coaks- und Kohlenasche.

Fig. 628.



Zum Tragen der Ausfüllung dienen Stangen oder Bretter, welche man auf die Balken auflegt oder in Nuthen zwischen die Balken einschiebt; die sog. **Windelboden** entstehen, wenn runde oder gespaltene Stangen mit Strohlehm umwickelt und auf oder zwischen den Balken befestigt werden. Den **gestreckten Windelboden** zeigt Fig. 629; bei demselben legt man die 5 bis 7 Centim. starken mit Strohlehm umwickelten Stangen dicht neben einander und nagelt sie auf den Balken fest. Hierüber wird ein etwa 3 bis 5 Centim. hoher Estrich aus Lehm mit Gerberlohe oder geschnittenem Stroh gemischt, ausgebreitet, der als Fussboden des oberen Raumes dienen kann. Die Fläche unter den Windeln wird mit Lehm glatt gestrichen oder noch mit Brettern verschaalt. Diese Deckenconstruction wird nur für einfache Stallgebäude auf dem Lande angewendet; das Eigengewicht derselben pro □Meter ist für die Balkenweite von:

Fig. 629.



0,9 Meter bei $\begin{cases} ^{20}/_{25} \text{ Cent. Stärke} = 205 \text{ Kilogr.} \\ ^{25}/_{30} \quad « \quad « \quad = 230 \quad « \end{cases}$ 1,2 Meter bei $\begin{cases} ^{20}/_{25} \text{ Cent. Stärke} = 198 \text{ Kilogr.} \\ ^{25}/_{30} \quad « \quad « \quad = 212 \quad « \end{cases}$

Bei dem **halben Windelboden**, Fig. 630, werden ungefähr in der Mitte der Balken mit dem Nuthhobel Falze in die Balken eingehobelt, worin die an den Enden zugespitzten mit Lehmstroh umwickelten **Stick-** oder **Staakhölzer** eingeschoben werden. Besser ist es, anstatt der umwickelten Staaken, die beim Schneiden der Rundhölzer abfallenden Schwarten, oder auch Bretter in die Falze der Balken einzutreiben und hierüber eine 3 bis 5 Centim. starke Lage aus Lehm und Krummstroh zur Dichtung der Fugen auszubreiten. Wenn der Strohlehm trocken ist, wird der noch übrige Raum mit naturfeuchtem Lehm oder mit trockenem Bauschutt bis dicht unter den Fussboden vollständig ausgefüllt. Bauschutt von alten Gebäuden in denen Wanzen waren, darf nicht genommen werden, da man dieselben sonst in das neue Gebäude überträgt; am besten eignet sich ein Gemenge aus Lehm und Coaksasche.

Fig. 630.



Werden die Falze für die einzuschiebenden Bretter der Zwischendecke nahezu in der Mitte der Balken eingehobelt, so verschwächen sie die Balken fast gar nicht, indem das Material in der Nähe der neutralen Axe sehr wenig zur Tragfähigkeit der Balken beiträgt. Man schiebt daher gewöhnlich die Bretter der Zwischendecke wie bei *B* Fig. 630 in die Balken ein; zuweilen unterstützt man dieselben auch noch wie bei *A* durch seitlich an die Balken genagelte 4 Centim. starke Latten (Fig. 307), welche letzteren auch oft allein die Bretter der Zwischendecke tragen, dann müssen die verwendeten Nägel natürlich genügend stark und lang sein. Diese Zwischendecke ist sehr zweckmässig und wird jetzt für Wohnhäuser fast allgemein angewendet, ihr Eigengewicht pro □Meter ist für die Balkenweite von:

0,9 Met. bei	$^{20}/_{25}$ Cent. Balkenst. = 255 Kilogr.	1,2 Met. bei	$^{20}/_{25}$ Cent. Balkenst. = 280 Kilogr.
	$^{25}/_{30}$ « « = 305 «		$^{25}/_{30}$ « « = 345 »

wenn die untere Seite der Balken verschaalt, berohrt und verputzt ist.

Bei dem **ganzen Windelboden** werden die Falzen für die Staaken etwa 5 bis 8 Centim. von der Unterkante der Balken entfernt eingehobelt und nachdem die mit Strohlehm umwickelten Staaken oder die Bretter angebracht sind, wird auch noch der untere Raum zwischen den Balken mit Lehm ausgeklebt; diese Lehmstücke können sich leicht loslösen und herunter fallen, wodurch die Decke gefährlich wird; sie hält zwar sehr warm, ist aber auch sehr schwer, denn ihr Eigengewicht pro □Meter ist für die Balkenweite von:

0,9 Met. bei	$^{20}/_{25}$ Cent. Balkenst. = 355 Kilogr.	1,2 Met. bei	$^{20}/_{25}$ Cent. Balkenst. = 380 Kilogr.
	$^{25}/_{30}$ « « = 405 »		$^{25}/_{30}$ « « = 447 «

Wegen des grossen Gewichtes wird der ganze Windelboden selten angewendet; gewöhnlich nur da wo Feuchtigkeit oder Temperaturwechsel abgehalten werden soll, wie bei Stallräumen und Kellerdecken. Für eine Zunahme der Balkenhöhe von 2,5 Centim. erhöht sich das Gewicht der Windelböden um ca. 25 Kilogr. pro □Meter. Decken mit umwickelten Staaken nennt man auch Wickelböden oder Wellerböden.

Zur unteren Verschaalung der Balken, zu der eigentlichen Decke des unteren Raumes, verwendet man rauhe 2 bis $2^1/_2$ Centim. starke 10 bis 15 Centim. breite Bretter, die von unten her an die Balken genagelt, berohrt und mit Kalkputz beworfen werden. Die Bretter müssen möglichst schmal und mit weiten Fugen aneinander genagelt sein, weil sie sich in Folge des feucht aufgetragenen Putzes ausdehnen; würden die Fugen nicht weit genug sein, so müssten die Bretter sich werfen und dadurch Risse in dem Kalkputze erzeugen.

Sind die Balken unten nicht verschaalt, sondern werden in den vertieften Balkenfeldern durch Querhölzer regelmässige quadratische oder oblonge Cassettirungen gebildet und mit rings herumlaufenden profilirten Leisten verziert, so heisst die Decke eine **Cassettendecke**. Das Eigengewicht dieser Decken ist, wenn sie aus dem halben Windelboden mit Gypsstuckverputz bestehen, für die Balkenweite von:

0,9 Met. bei	$^{20}/_{25}$ Cent. Balkenst. = 280 Kilogr.	1,2 Met. bei	$^{20}/_{25}$ Cent. Balkenst. = 305 Kilogr.
	$^{25}/_{30}$ « « = 330 «		$^{25}/_{30}$ « « = 376 »

Zwischen hohe hölzerne Balken muss eine Kreuzstaakung oder Kreuzverstrebung wie bei *a* Fig. 653 angebracht werden, wodurch die Steifigkeit der Balken in horizontaler Richtung vermehrt wird. Die Hölzer zu der Kreuzverstrebung sind gewöhnlich 10 bis 13 Centim. stark und greifen mit halber Versatzung in die Balken ein. Die letzten Fache müssen mit Zuganker zusammengehalten werden, damit der letzte Balken nicht weggedrängt werden kann. Locale Belastungen finden durch die Kreuzstaakung eine gewisse Vertheilung auf mehrere Balken, ebenso wird auch die seitliche Einbiegung einzelner Balken dadurch verhindert.

§. 95. Construction der Fussböden.

Fussböden werden hergestellt aus Holz, aus Steinplatten, aus Thonfliesen und Cementplatten, aus Ziegeln, aus Gyps-, Kalk- und Cementmörtel, ferner aus Oelcement und aus Asphalt. Hölzerne Fussböden fertigt man gewöhnlich aus 3 bis 4 Centim. starken kiefernen, fichtenen oder tannenen Brettern, nur in ganz untergeordneten Räumen verwendet man wohl zuweilen $2^1/_2$ Centim. starke unbehobelte Bretter; dieselben verlegt man so auf die Balken, dass ihre Längenrichtung die Längenaxe der Balken rechtwinklig kreuzt. Unter den gewöhnlichen Belastungsverhältnissen genügt eine Diele von 2,5 Centim. Stärke für eine Balkenweite von 60 bis 80 Centim.; von 3 Centim. Stärke bis 1,0 Meter Weite; von 3,5 Centim. Stärke bis 1,2 Meter Weite; von 4 Centim. Stärke bis 1,4 Meter Weite. — Bohlen von 5 Centim. Stärke genügen bis 1,7 Meter Balkenweite; von 6,5 Centim. Stärke bis 2 Meter Weite, von 8 Centim. Stärke bis 2,5 Meter Weite. Von den ordinären Fussböden unterscheidet man gestrichene, gespundete, halbgespundete und gefederte Fussböden. Bei dem **gestrichenen** Fussboden Fig. 631 *A* stossen die Bretter stumpf zusammen, die aneinander stossenden Seiten werden nur gerade gehobelt, **gestrichen.** Fig. 631 *B* zeigt den **halbgespundeten** oder **gefalzten** Fussboden, bei dem die Bretter mit Falzen übereinander greifen und der namentlich bei schwächeren Brettern angewendet wird. Die Bretter des **gespundeten** Fussbodens Fig. 631 *C* greifen bei *a* mit Feder und Nuth ineinander, diese Verbindung wird für stärkere Bretter gewöhnlich angewendet. Bei *b* ist die **Federung** der Bretter angedeutet, durch welche erheblich an Material gespart wird, indem die über- oder ineinander greifenden Theile nicht von der Breite der Bretter verloren gehen, denn die Federn erfordern nur wenig Material; doch ist diese Verbindung der Fussbodenbretter weniger in Gebrauch, weil die Bearbeitung und Dichtung der Federn schwieriger auszuführen ist.

Fig. 631.



Man verlegt die Fussböden, indem man das erste Brett, womöglich von der Länge des ganzen Raumes, dicht an der Wand, quer über die Balken legt, und auf jeden Balken nach Fig. 631 mit 2 Nägeln befestigt, damit das Brett sich möglichst wenig werfen kann. Die Kernseite der Bretter legt man nach unten, weil dann das Werfen derselben weniger zu merken ist und den Nägeln giebt man 3 Brettdicken zur Länge, deren längliche Köpfe man nach der Richtung der Holzfasern stellt und so tief in das Brett einschlägt, dass sie nicht vorstehen. An das zuerst befestigte Brett wird das nächstfolgende angepasst und mit Holzkeilen, die sich gegen provisorisch in die Balken eingeschlagene eiserne Klammern stemmen, fest an das erstere gedrängt und in der vorher erwähnten Weise genagelt; um die Bretter beim Eintreiben der Nägel noch fester aneinander zu pressen, werden die Nägel ein wenig schräg gestellt. Ist der Fussboden fertig gelegt und genagelt, so wird er auf den Stössen abgehobelt, damit er eine glatte Ebene bildet.

Von Wichtigkeit für einen guten Fussboden ist die richtige Trockenheit der Bretter, denn sind dieselben sehr trocken, so ziehen sie, besonders bei Neubauten, die Feuchtigkeit aus der Luft an und wollen breiter werden, heben sich daher in den Fugen und

nehmen eine wellenförmige Gestalt an, die auch dann noch bleibt, wenn die Bretter wieder zusammengetrocknet sind. Waren aber die Bretter beim Verlegen nur lufttrocken, so bilden sich beim Nachtrocknen ziemlich weite Fugen, die durch das **Ausspähnen** bei dem gestrichenen Fussboden gedichtet werden können, während bei dem gespundeten und gefederten Fussboden die Fugen mit Kitt ausgefüllt werden. Zum Ausspähnen schneidet man lange Holzstreifen von der Breite der Fugen, passt dieselben gut ein, bestreicht sie von beiden Seiten mit Leim und treibt sie in die Fugen; nachdem der Leim getrocknet ist, werden die Spähne mit den Fussbodenbrettern gleich gehobelt. Zweckmässig ist es, nur 10 bis 15 Centim. breite Bretter zu dem ordinären Fussboden zu verwenden, indem sich dann nur sehr schmale Fugen bilden können. Sind die Räume sehr lang, dass eine Brettlänge für den Fussboden nicht ausreicht, so wird, wie in Fig. 632 angedeutet ist, ein Querfries eingelegt, in welchen die Bretter mit Federn eingreifen, denn Hirnholz darf man niemals direct an Hirnholz legen. Der Fries muss auf einen Balken genagelt, oder wo dies nicht angeht, müssen zwischen den Balken kleine Wechsel eingelegt werden, worauf der Fries aufgenagelt wird.

Fig. 632.

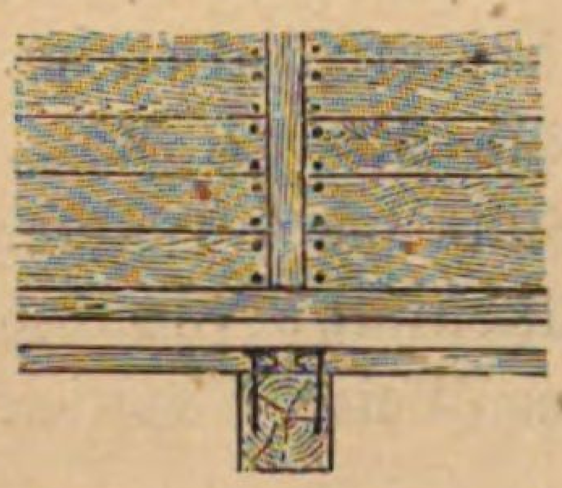


Fig. 633.

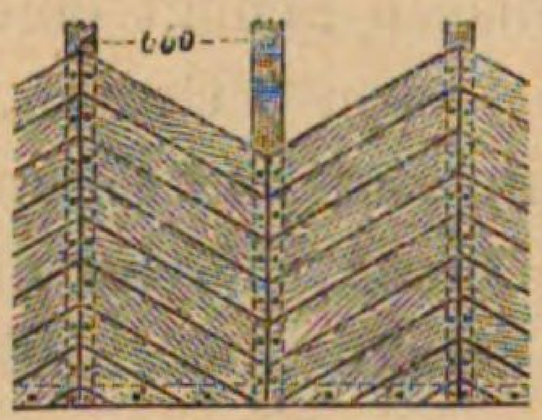
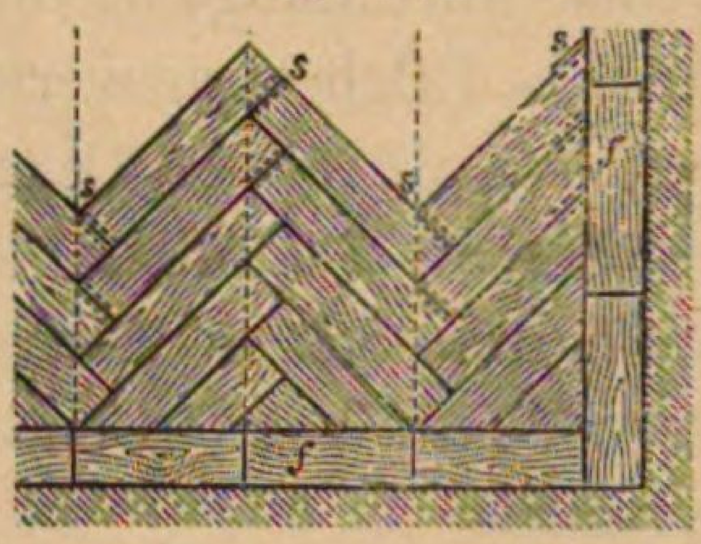


Fig. 634.



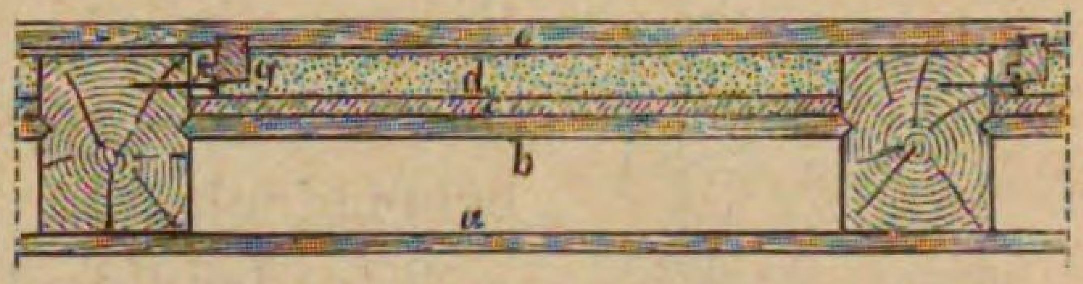
Sogenannte **Schiffböden** aus weichem Holze sind für die Rotunde und für die Halbgallerie des Wiener-Weltausstellungsgebäudes ausgeführt. Die mit Feder und Nuth versehenen Bretter dieses Fussbodens sind 1,8 Meter lang und 10 Centim. breit, sie werden ähnlich wie in Fig. 638 in der Nuthe genagelt, so dass die Nagelung nicht sichtbar wird.

Bei dem **Wiener**-Fussboden Fig. 633 macht man die Bretter gewöhnlich nur 10 bis 13 Centim. breit und $2^1/_2$ bis 3 Centim. stark; sie bestehen in der Regel aus Eichenholz, werden durch Falze untereinander verbunden und an jedem Ende mit 2 Nägeln befestigt, wovon der eine Nagel in der Mitte des Brettes, der andere in dem Falz angebracht wird. Die Balken oder Unterlager müssen bei diesem Fussboden ziemlich nahe gerückt werden, oder die Bretter müssen eine grössere Stärke erhalten, namentlich wenn sie bis zu 45^0 gegen die Balkenrichtung geneigt gelegt werden sollen. An den Balkenauflagern werden kleine Wechsel zwischen den Balken erforderlich, um die nicht mehr von einem Balken zum andern reichenden Bretter aufnageln zu können. Auf Lagerhölzern ist dieser Fussboden sehr geeignet, da er ein gefälliges Aussehen hat, dabei billig ist und bei den schmalen Brettern in den Fugen ziemlich dicht bleibt. In Wien wird dieser Fussboden auch mit versteckter Nagelung ausgeführt, indem man die Bretter mit Feder und Nuth herstellt und die Nägel nach Fig. 638 in die Nuthe eintreibt.

Einen eichenen **Stabfussboden** der ohne Unterlagshölzer und ohne Nagelung gelegt wird zeigt Fig. 634. Derselbe besteht aus ca. 40 Centim. langen, 8 Centim. breiten, 3 Centim. starken und gut trockenen Holzstäben, welche auf einer glatten Asphaltunterlage verlegt werden. Zur Befestigung der Stäbe aneinander verwendet man kleine eiserne Keile von der Dicke eines schwachen Sägenschnittes, die etwa 1 Centim. Breite und die Stabbreite zur Länge haben. Diese Keile oder Federn greifen mit der halben Breite in das Hirnholz, mit dem übrigen Theil aber in das Langholz zweier rechtwinklig aneinander stossenden Stäbe, wie es bei *s* Fig. 634 angedeutet ist; die Nuthen für diese Federn werden mit einer Säge eingeschnitten. Ringsum an den Wänden oder auch nur an den beiden Langseiten des Fussbodens wird dicht an der Mauer ein Fries *f* gelegt, an dem die schräg abgeschnittenen Holzstäbe mit einzelnen Nägeln befestigt werden. Da dieser Fussboden eine glatte und feste Unterlage erfordert, so wird er ziemlich kostspielig und daher nur in seltenen Fällen angewandt werden können.

In Fig. 635 ist der sogenannte **Patentfussboden** in Verbindung mit dem halben Windelboden dargestellt. Die untere Deckenschaalung ist mit *a*, die Zwischendecke mit *b*, die Lehm- und Schuttlage mit *c* und *d* bezeichnet. Der Fussboden *e* ruht auf den oben schwalbenschwanzförmig gestalteten Leisten *g*, die mit einer Feder in die Leisten *f* eingreifen und sich darin hin und her bewegen lassen müssen. Das Prinzip des Patentfussbodens besteht nämlich darin, dass sämmtliche Bretter desselben durch Leim zu einer einzigen Platte vereinigt werden, so dass sich beim Zusammentrocknen der Bretter keine Fugen bilden können, indem immer das eine Brett das andere nach sich zieht, wodurch nur Endfugen an den Wänden entstehen, die freilich eine bedeutende Breite haben, denn wenn jedes Brett nur 2 Millim. eintrocknet, so würde eine aus 25 Brettern zusammengeleimte Tafel schon 5 Centim. kleiner geworden sein, welche Fugen durch die Scheuerleisten gedeckt werden müssen.

Fig. 635.

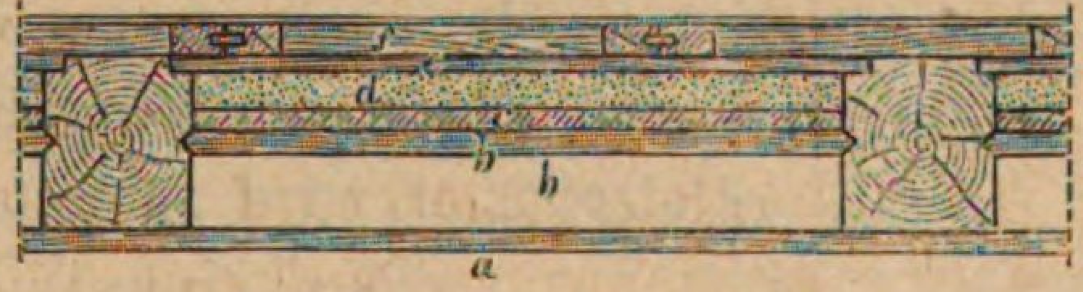


Beim Verlegen des Fussbodens werden erst die 8 Centim. hohen, 3 bis 4 Centim. breiten, mit einem Falze versehenen Leisten *f* Fig. 635, genau parallel zu einander und wagerecht an die Balken genagelt. Auf diese Leisten wird eine Fussbodentafel gelegt, welche schon vorher aus 2 bis 3 breiten astfreien Brettern zusammengeleimt und mit eingeschobenen schwalbenschwanzförmigen Leisten *g* versehen ist, die das Werfen der Tafel verhindern. Diese Leisten sind ebenso lang wie die Bretttafel, treten aber nach der einen Seite um 10 bis 12 Centim. vor, auf welchen Vorsprung die nächste Tafel aufgeschoben wird. Die Bretter werden mit den glatten Stossflächen sorgfältig an einander gepasst und wird immer das folgende Bret an das vorhergehende angeleimt, wobei man es mittelst Keilen gegen Klammern fest antreibt und die Keile so lange sitzen lässt bis der Leim getrocknet ist. In der Nähe der Schiebeleisten wird kein Leim zwischen die Stossflächen gestrichen, weil er hier unterhalb vorquellen und die Bewegung des Fussbodens auf den Leisten hindern könnte. Nachdem ein solcher Fussboden fertig gelegt ist, muss er sich mittelst Brechstangen auf den Leisten hin und her schieben lassen.

Erfordert der Fussboden eines Raumes mehrere Bretterlängen, so muss ein Fries mit Nuthen auf beiden Seiten, ähnlich wie in Fig. 632, angebracht werden, worin sich die Hirnenden der Tafeln bewegen. Solche Hirnleisten können auch an den beiden Wänden angebracht werden, oder der Fussboden kann sich frei unter den Scheuerleisten bewegen. Der Patentfussboden kann mit Oelfarbe gestrichen oder mit Wachs eingelassen und gebohnt werden. Aufwischen darf man diesen Fussboden nur mit feuchten Tüchern, da grosse Feuchtigkeit den Leimfugen nachtheilig ist.

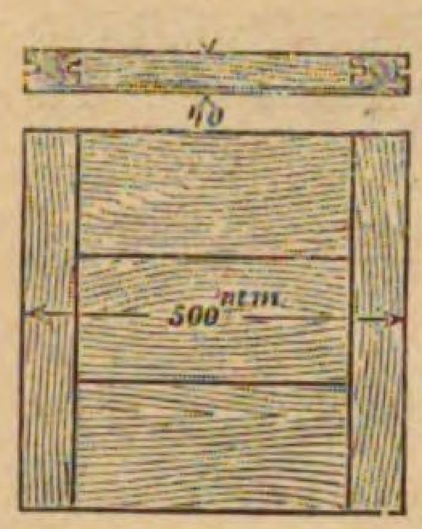
Einen **Parquetfussboden** zeigt Fig. 636 im Querschnitte, wobei als Zwischendecke ein halber Windelboden angewendet ist. Hierbei bezeichnet *a* die Deckenschaalung, *b* die Bretter der Zwischendecke, *c* und *d* die Lehm- und Schuttschicht. Der Parquetfussboden erfordert einen sog. Blindboden *e*, aus $2^1/_2$ bis $3^1/_2$ Centim. starken rauhen Brettern, worauf die Parquettafeln *f* ruhen und aufgenagelt werden. Der Blindboden muss möglichst genau horizontal liegen und wird am besten zwischen den Balken befestigt, damit die Deckenconstruction nicht zu viel Höhe erfordert. Zur Befestigung der kurzen Blindbodenbretter werden entweder 4 Centim. breite Falze seitlich in die Balken eingehauen, oder da hierdurch die Balken in der Tragfähigkeit erheblich verschwächt werden, so nagelt man zweckmässiger Leisten an die Balken und befestigt hierauf den Blindboden mittelst Nagelung. Die Parquettafeln werden entweder massiv aus kleinen Brettstücken zusammengeleimt, oder für feinere Fussböden fournirt, d. h. mit dünnen Holzplättchen in beliebigem Muster überleimt, die man aus Blöcken schneidet, welche aus Stäben feinerer Holzarten zusammengeleimt sind und die verschiedenartigsten Muster haben können. Unter der Fournirung bestehen die Parquettafeln (in

Fig. 636.



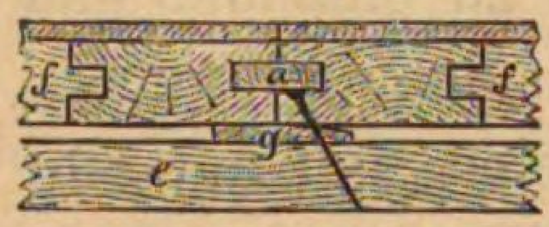
Wien meistens 68 Centim. im Quadrat gross) gewöhnlich aus Kiefernholz nach Fig. 637 zusammengesetzt und mit 2 Hirnleisten versehen, in deren Nuthen die Querbretter mit Federn eingeschoben und verleimt sind. Jede Tafel hat ringsum Nuthen, worin Federn aus hartem Holze eingesetzt werden. Die letzteren schneidet man so, dass deren Holzfasern etwa im Winkel von 45° zur Längenrichtung der Federn liegen; liefen die Holzfasern parallel mit den Federn, so würden sie nicht haltbar sein, senkrecht zur Längenaxe aber würden sie sich schlecht behobeln lassen.

Fig. 637.



In der Regel wird weder der Blindboden genau horizontal hergestellt, noch sind die Tafeln gleichmässig dick ausgeführt, daher müssen die Parquettafeln meistens mit dünnen Keilen unterfüttert werden. In Fig. 638 ist *a* die Feder zwischen 2 Hirnleisten, *f* sind die Querbretter, *e* ist der Blindboden und *g* ein Keil unter den Parquettafeln. Die Befestigung der Tafeln erfolgt meistens durch Nägel, selten durch Schrauben, und werden die Nägel in dem untern Theil der Tafeln in etwas schräger Richtung so eingetrieben, dass sie durch den Keil *g* gehen; die Federn *a* werden erst nach der Nagelung eingeschoben. Mit dem Legen der Parquettafeln beginnt man in der Mitte des Raumes; nachdem, je nach dem Muster des Fussbodens, die erste oder die 4 ersten Tafeln befestigt wurden, setzt man ringsum die Federn ein und schiebt die nächstfolgenden Tafeln gegen die ersteren, nagelt dieselben und setzt wieder die Federn ein; in dieser Weise wird fortgefahren bis der ganze Fussboden gelegt ist. An den Wänden herum wird immer bei Parquetfussböden ein Fries von 12 bis 16 Centim. Breite eingelegt, auf dem ebenfalls ein fournirtes Muster aufgeleimt ist, und der mit den Tafeln durch Feder und Nuth verbunden wird. Das Legen dieses Frieses erfordert Geschicklichkeit und einige Uebung, damit die Wände nicht beschädigt werden.

Fig. 638.



Parquetfussböden werden gewöhnlich mit Wachs eingelassen und gebohnt, alle Feuchtigkeit muss man von denselben fern halten, weil sonst der Leim in den Fourniren aufgelöst werden könnte.

Um die Fugen zwischen Fussboden und Wand zu dichten, um die Friese niederzuhalten und die Wand oder Tapete beim Reinigen des Fussbodens vor Schmutz zu schützen und auch um zu verhüten, dass die Möbel zu nahe an die Wand gerückt werden, wendet man Fussboden- oder Scheuerleisten an; diese macht man 4 bis 20 Centim. hoch und 2,5 bis 4 Centim. stark, sie werden oben mit einem Sockelgesims versehen. Niedrige Fussbodenleisten bis zu 8 Centim. Höhe werden auf gestrichene oder gespundete Fussböden durch einfache schräge Nagelung befestigt. Hohe Fussbodenleisten für elegante Böden, die unabhängig von den Bewegungen des Fussbodens an der Wand festsitzen müssen, nagelt man an Holzklötzen, die ca. 6 Centim. im Quadrat stark sind und sich nach hinten etwas verbreitern, damit sie mittelst Gyps oder Cement in der Wand festgemacht werden können; solche Holzklötze oder Dübel bringt man in Entfernungen von 0,9 bis 1,2 Meter an. Fussbodenleisten werden auch aus Schiefer ausgeführt.

Das **Klotzpflaster** wird zuweilen zu Durchfahrten angewendet und besteht aus quadratischen oder aus sechseckigen 12 bis 16 Centim. langen Klötzen aus Kiefern- oder Eichenholz, welche mit einer Hirnseite nach oben nebeneinander gestellt werden. Als Unterlage verwendet man zweckmässig eine Betonschicht.

Steinfussböden können für Wohnräume nicht empfohlen werden, da die Steine, als gute Wärmeleiter, zu kalt sind. Für Vestibülen und Corridore der öffentlichen Gebäude wo viel Verkehr stattfindet sind solche Fussböden aber zweckmässig, weil sie sich wenig austreten oder abnützen, ebenso für feuchte Räume, indem sie nicht hygroskopisch sind, d. h. die Feuchtigkeit nicht aufsaugen. Die Unterlage kann entweder eine feste Betonschicht sein, oder aus einer Lage von Sand oder Bauschutt bestehen, die vor dem Legen des Fussbodens geebnet und sorgfältig festgestampft werden muss. Diese letzteren Mate-

rialien bilden einen elastischen Untergrund und sind für Steinfussböden auf Gewölben besonders zu empfehlen, weil sie etwaige Erschütterungen nicht direct auf einzelne Stellen des Gewölbes übertragen. Auf diese Schicht werden die Steinplatten in Kalk- oder Cementmörtel eingebettet.

Granitplatten in der Stärke von 8 bis 16 Centim. werden entweder gespalten und an den Kanten roh bearbeitet oder fein und eben bearbeitet geliefert, man verwendet sie für Pflasterungen zu ebener Erde, die befahren werden. Fussböden aus Marmor gehören zu den elegantesten aber auch zu den theuersten. Die Fliesen, in 2 bis 3 Farben angewendet, dürfen nicht zu spitzwinklig sein, weil sie sonst leicht brechen, kleinere Winkel als rechte sind nicht zu empfehlen, doch lassen sich Winkel von 45° beim Anschluss des Musters an den Fries selten vermeiden. Reich eingelegte Ornamente werden in Marmor sehr kostspielig, sind wenig haltbar und wegen der ungleichen Farbe des Marmors in der Wirkung unruhig. Viel billiger als die Fussböden aus Marmor sind die ähnlich aussehenden aus Kalkstein- und Thonschieferfliesen. Die ersteren werden namentlich bei **Sohlenhofen** in Bayern gebrochen und mit geschliffener Oberfläche in Stärken von 2 bis 3 Centim. geliefert; die letzteren liefert, sehr gut geschliffen, die Schieferbau-Actien-Gesellschaft in **Nuttlar** (Westfalen) in Stärken von 2 bis 3 Centim. in quadratischen Platten von 24 bis 52 Centim. Seite. Schieferfliesen können auch in Gemeinschaft mit Marmor verwendet werden.

Die Sollinger- oder Wesersandsteinplatten welche von C. Brand und von Haarmann in **Holzminden** (Westfalen), sowie von G. Wigand in Bad **Oeynhausen** geliefert werden, geben sehr gute Fussböden für Keller und Souterrains, dieselben sind 2 bis 5 Centim. stark und kommen rechtwinklig und fein geschliffen in verschiedener Grösse in den Handel; sie haben gewöhnlich eine bräunlichrothe Farbe, doch kommen auch weisse vor, welche jedoch theurer sind, weil sie seltener vorkommen.

Mosaikfussböden für innere Räume werden aus den verschiedenartigsten Steinstücken, Glasflüssen und gebrannten Thonstücken zusammengesetzt und durch ein Bindemittel zusammengehalten. Diese musivische Arbeit hatte bei den Griechen und Römern eine hohe Stufe der Vollendung erreicht. Jetzt fertigt man die Mosaiktafeln in Rahmen die auf einer entsprechend grossen Glasplatte liegen; in diese Rahmen hinein stellt man die Mosaiksteine mit dem Kopfende nach unten so zusammen, wie es das gewünschte Muster erfordert und giesst dünnen Portlandcement zwischen dieselben, wobei man in die noch weiche Cementmasse Steinstücke oder Dachziegel hineindrückt, bis die Platte die erforderliche Dicke erreicht hat. Durch die Glasplatte kann man von unten her, immer die Richtigkeit des Musters controliren. Solche Mosaikplatten erhalten 4 bis 7 Centim. Stärke und werden dieselben gewöhnlich auf eine 10 bis 16 Centim. starke Betonschicht verlegt.

Gegenwärtig werden Mosaikfussböden aus gebrannten Thonfliesen mit beliebigen Mustern in hoher Vollendung hergestellt. Die Thonplatten werden auf der obern Seite mit feinern Thonarten incrustirt, dann werden die Muster vor dem Brennen in die Incrustirung eingeschnitten oder eingepresst und die Vertiefung mit entsprechend gefärbtem Thon ausgefüllt, worauf die Platten in Kapseln aus feuerfestem Thon verpackt und bis zur Halbverglasung gebrannt werden. Solche Platten sind sehr hart und haben als Fussböden (in Cement auf einer festen Unterlage verlegt) eine grosse Dauer. Villeroy u. Boch in **Mettlach** (Rheinpreussen) liefern solche Platten in einfachen Farben und reichen Mustern mit den erforderlichen Friesen; dieselben sind unter dem Namen »Mettlacher-Platten« bekannt und werden vielfach verwendet. Ferner werden solche Platten sehr schön geliefert von Minton u. Comp. in **London** und von Hargraves u. Craven bei **Broseley**, Salop, in England.

Aehnliche farbige Platten, jedoch meistens ohne Verzierungen und weniger schön und hart, werden auch aus Portland-Cement hergestellt, in derselben Weise verlegt und in den Fugen mit Cement verstrichen. A. Sadée u. Comp. in **Oberkassel** bei Bonn, Mews in **Stettin** etc. liefern derartige Cementplatten.

Fussböden aus hartgebrannten **Mauersteinen**, sog. Klinkern, werden nur in untergeordneten Räumen angewendet. Man legt die Ziegeln mittelst Richtscheit und Setzwage horizontal, entweder flach, oder auf die hohe Kante als Rollschicht, auf eine Sandbettung und vergiesst die Fugen mit dünnem Kalkmörtel, oder man mauert die Steine mit vollen Kalkfugen aneinander, wobei die Oberfläche sämmtlicher Steine eine möglichst ebene Fläche bilden muss. Das Muster der Pflasterung kann der gewöhnliche Verband sein, oder als Rollschicht können die Steine in ähnlicher Weise nebeneinander gelegt werden, wie in Fig. 634, wie sich auch noch verschiedene andere Muster aus Ziegeln bilden lassen. Besser als die vollen Steine eignen sich die Hohlziegel zu Fussböden, weil sie mehr warm und weniger schwer sind. Wenn man die Hohlziegel so legt, dass sie mit den Oeffnungen auf einander treffen und Canäle bilden, so kann man durch die letzteren warme Luft leiten und hierdurch die Räume heizen; auch zur Ventilation können solche Canäle benutzt werden.

Gyps- und **Kalkmörtel-Estriche** widerstehen der Feuchtigkeit nicht, werden theuer, weil sie viel Material erfordern, sie sind verhältnissmässig zu anderen Materialien weich und daher einer starken Abnutzung unterworfen, aus diesem Grunde sollen sie hier nicht weiter erwähnt werden.

Aus **Portland-Cement** werden Fussböden in der Weise hergestellt, dass man auf einem Ziegelpflaster oder einer Betonschicht eine 1 bis 2 Centim. hohe Lage Cementmörtel ausbreitet, diese mit einem Richtscheit gerade streicht und mit Reibebretter aus hartem Holze abreibt. Der Cementmörtel besteht aus 1 Theil Cement und 2 bis 3 Theilen Sand; besser und billiger ist noch ein Kalk-Cementmörtel*), der aus 25 Maasstheilen gewöhnlichem Kalkmörtel und 1 Theil Portlandcement zusammengesetzt ist. Man bearbeitet den Mörtel, indem man den Cement in einem Gefäss beständig mengt und mit Wasser bespritzt, bis er die Consistenz eines trockenen Breies hat, dann setzt man unter stetem Umrühren so viel Wasser zu, bis die Cementmilch das 4fache Volumen der anfänglichen Cementmasse hat und schüttet dieselbe sofort über den Kalkmörtel, der nun rasch durchgerührt wird. Der Mörtel wird sehr fest und erhärtet in 10 bis 12 Tagen fast vollständig ohne Risse zu zeigen. Zum Nachglätten des Fussbodens nimmt man reinen Cement mit Wasser und geschieht das Glätten durch Glätteisen die den Reibeblättern ähnlich geformt sein können. Bei Anwendung von Cementmörtel darf die Ziegelunterlage nicht mit Kalkmörtel gemauert sein, auch dürfen die Ziegel keinen Mergel enthalten, weil derselbe sich nachlöschen und dadurch ausdehnen kann, so dass die darüber liegende Cementlage zerrissen wird. Man kann solche Fussböden auch zweckmässig mit dem S. 276 beschriebenen Silicat-Anstriche versehen.

Andere Materialien zu Fussböden sind der **Marmorcement** von Keene, den John Bazley White and Sons in **London** fabriciren und der **Pariancement** von Franzis Brothers in London, die eine grosse Härte annehmen, beliebig gefärbt und schön polirt werden können. Man rührt diese sich ähnlichen Cemente mit reinem Wasser zu einem steifen Mörtel ein und trägt denselben in 1 oder 2 Lagen, jede etwa 6 Millim. stark, auf eine feste und ebene Unterlage, wobei der schon nach einigen Stunden erhärtende Mörtel mit einem Reibebrette geebnet wird; hierbei darf man keine Werkzeuge aus Eisen, Stahl und Eichenholz anwenden, indem die Cemente bei der Berührung dadurch gefärbt werden. Nachdem der Cement erhärtet ist, wird er mit Sand oder Bimstein geschliffen und, falls erforderlich, noch polirt.

Auch der **Oelcement** von Kreye eignet sich sehr gut zu Fussböden, da derselbe eine grosse Härte und Glätte annimmt, nicht zu kalt ist, eine angenehme gelbliche Farbe hat und der Nässe vollkommen widersteht. Der Oelcement ist aus 100 Gewichtstheilen Chamottemehl und aus 9 Theilen feiner gesiebter Bleiglätte zusammengesetzt und man bildet

*) Vergl. das Werk des Hrn. Dr. **Michaelis** »Die hydraulischen Mörtel«. 1869. S. 314. Auch Deutsche-Bauzeitung 1870. S. 165.

den Mörtel, der am besten in Mulden aus Buchenholz angemacht wird, aus 5 Liter Leinöl und 22 Kilogr. der obigen Cementmasse, welche Quantität nur auf einmal eingerührt werden darf, indem die Masse ziemlich schnell erhärtet. Das abgekochte Leinöl setzt man unter beständigem Umrühren zu der Cementmasse und trägt den fertigen Mörtel auf die vorher sorgfältig gereinigte, mit heissem Leinöl getränkte Fussbodenunterlage, in einer 2 bis 10 Millim. starken Lage auf, wobei die mit einem Richtscheit geebnete Masse mit Reibebrettern aus Buchenholz festgerieben und vollständig geglättet wird. An den bereits erhärteten Mörtel schliesst sich der frische leicht an, wenn man den ersteren mit etwas Leinöl bestrichen hat.

Wünscht man die natürliche Farbe des Oelcementes nicht, so lässt sich derselbe durch Mineral- oder Erdfarben, denen etwas Bleiglätte zugesetzt ist, beliebig anders färben; auch kann man alle möglichen Muster im Fussboden herstellen, wenn man eingeölte hölzerne Schablonen von der Stärke des Auftrages anfänglich mit einlegt, diese später herausnimmt und die Lücken mit entsprechend gefärbten Cementen ausfüllt. Dasselbe Verfahren kann auch bei dem Marmor- und Pariancement angewendet werden.

Asphaltfussböden finden wegen ihrer absoluten Widerstandsfähigkeit gegen Feuchtigkeit und wegen sonstiger vorzüglicher Eigenschaften ausgedehnte Anwendung. Man unterscheidet **natürlichen** und **künstlichen** Asphalt; der erstere ist ein schwarzes, glänzendes, bituminöses Mineral und besteht aus 7,5 Theilen Bitumen (Erdharz) und 92,5 Theilen kohlensaurem Kalk. Der Mineralasphaltstein wird hauptsächlich in der Schweiz, in Frankreich und in Limmer bei Hannover in Minen gebrochen, er hat eine gelbliche oder braune Farbe, je nach seinem Asphaltgehalt, und wird zerkleinert, gesiebt und dann mit einem geringen Zusatze von Erdharz geschmolzen. Die hierdurch entstehende bildsame schwarze wasserdichte Masse kommt als 5 bis 8 Centim. hohe Platten unter dem Namen »Asphalt-Mastix« in den Handel. Der künstliche Asphalt wird aus pulverisirtem kohlensauren Kalk und aus Erdharz (im Handel **Goudron** genannt) zusammengesetzt, ähnlich wie der natürliche Asphalt geformt und als französischer Asphalt verkauft; er hat aber lange nicht die guten Eigenschaften des natürlichen Asphaltes. Auch aus Steinkohlentheer, Kolophonium und Kalk, oder aus Holztheer und Kreide mit Hammerschlag gemischt, wird künstlicher Asphalt hergestellt, der aber seine Elasticität wegen der Flüchtigkeit des Theers bald verliert.

Als Unterlage für einen Asphaltfussboden dient gewöhnlich eine genau geebnete Ziegelflachschicht, bei Durchfahrten 2 übereinander liegende Flachschichten; hierauf wird der geschmolzene Asphalt mit dem gleichen Volumen Kies versetzt, aufgetragen, mit einem Richtscheit geebnet und dann abgerieben. Die Höhe der Asphaltschicht beträgt 1 bis 2,5 Centim., für geschützte Fussböden gewöhnlich 1,3, für Balkons im Freien 2,0 und für Durchfahrten 2,5 Centim., wobei 100 Kilogr. Asphalt mit dem gleichen Volumen Kies, bei einer 1 Centim. starken Lage etwa 18 □Meter bedecken. Der Kieszusatz, wovon die Widerstandsfähigkeit des Fussbodens hauptsächlich abhängt, ist nicht bei allen Asphaltsorten gleich. Soll ein Asphaltfussboden auf Holzbalken, die sich beim Zusammentrocknen bewegen, aufgebracht werden, so wird die Staakung am besten mit Lehm aufgefüllt und über den Balken ein Pflaster aus einer flachen Dachsteinlage ausgeführt, worauf man dann den Asphalt ausbreiten kann. Auch ist eine 2 Centim. hohe Lage trockner Erde unter der Asphaltschicht sehr zu empfehlen. Auf Holzfussböden muss Leinwand ausgespannt werden, bevor man den Asphalt aufträgt, damit sich das Holz unter der Asphaltlage frei bewegen kann; auch das zur Holzcementdeckung verwendete Papier dürfte zu diesem Zwecke sich eignen.

Nach den Untersuchungen der Herren Civil-Ing. **Flachat** und **Noisette** *) sind Holzdecken, die 1,5 bis 2,5 Centim. hoch mit Asphalt überzogen werden, sehr geeignet, dem Angriff heftigen Feuers von oben her vollkommen zu widerstehen, namentlich dann,

*) Vergl. Deutsche-Bauzeitung 1870. S. 83.

wenn unter der Asphaltdecke eine 2 Centim. starke Schicht trockner Erde ruht. An der Oberfläche wird der Asphalt zwar erweicht und fast flüssig, doch setzt sich die Erweichung, bei stundenlanger Einwirkung des Feuers, nicht durch die ganze Schicht des Asphaltes fort und erhärtet sogleich wieder, wenn sie mit Wasser begossen wird. Die Holzdecken müssen aber durch eiserne Säulen gestützt werden, denn durch Vermittlung hölzerner Ständer wird das Feuer der im Uebrigen durch Asphalt vollständig geschützten Decke mitgetheilt. Nur der natürliche Asphalt soll feuersicher sein, während alle künstlichen Asphalte dem Feuer keinen nennenswerthen Widerstand entgegensetzen.

Für Strassen und Durchfahrten wird in neuerer Zeit auch »Asphalte comprimé« verwendet, der als trocknes Pulver nicht geschmolzen, sondern nur stark erhitzt und sodann mit heissen Eisen an der Oberfläche geglättet wird. Auf Strassen wendet man eine 3 bis 4 Centim. starke Lage an.

Die Herstellungskosten der Fussböden hängen wesentlich von den Transportweiten der Materialien und von den Arbeitspreisen ab, die in einem Orte üblich sind. Im Folgenden sind die ungefähren Preise angegeben.

1 □Meter	rauhen 2,5 Centim. starken Fussboden aus weichem Holze	2,5 — 2,7	Mark
1 □ »	desgl. gespundet und gehobelt je nach der Reinheit der Bretter	4,0 — 4,3	»
1 □ »	desgl. 3,5 Centim. stark	5,0 — 5,5	»
1 □ »	Patentboden aus 3,5 Centim. starken Brettern	9,0 —10,0	»
1 □ »	Wiener Schiffboden aus weichem Holze	4,0 — 5,5	»
1 □ »	» Friesboden aus Eichenholz	9,0 —14,0	»
1 □ »	Blindboden 3,5 Centim. stark zwischen den Balken	3,3 — 3,5	»
1 □ »	einfachern Parquetboden excl. Blindboden	9,0 —15,0	»
1 lfd. Meter	Fussbodenleisten	0,5 — 1,2	»
1 □Meter	Granitplatten roh bearbeitet und fertig verlegt	11,0 —15,0	»
1 □ »	desgl., die obere Seite abzuflächen und zu überstocken	25,0 —40,0	»
1 □ »	Fussboden aus Marmorfliesen fertig verlegt	15,0 —60,0	»
1 □ »	» » Sohlenhoferkalksteinfliesen	10,0 —30,0	»
1 □ »	» » Thonschieferfliesen	5,0 —20,0	»
1 □ »	» » Wesersandsteinplatten	2,5 — 8,0	»
1 □ »	» » Cementplatten in 2 bis 3 Farben	5,0 —11,0	»
1 □ »	» » Mettlacher-Platten excl. Unterlage je nach Muster	10,0 —25,0	»
1 □ »	» » engl. Mosaik-Platten je nach dem Muster	15,0 —90,0	»
1 □ »	Ziegelflachschicht in Mörtel incl. Herstellung des Planums	2,3 — 3,3	»
1 □ »	» Rollschicht » » » » » »	4,0 — 5,0	»
1 □ »	fertigen Cementüberzug 1,3 Centim. stark	1,3 — 2,8	»
1 □ »	Marmor- oder Pariancementüberzug 6 Millim. stark	3,0 — 4,0	»
1 □ »	desgl. 12 Millim. stark in 2 Lagen aufzubringen	4,5 — 5,5	»
1 □ »	Oelcementüberzug 2 Millim. stark ohne Verzierungen	2,0 — 2,5	»
1 □ »	desgl. 6 Millim. stark	4,0 — 4,5	»
1 □ »	» 10 » »	5,0 — 6,0	»
1 □ »	Asphaltüberzug 1,3 Centim. stark incl. Material	3,6 — 4,5	»
1 □ »	2,0 » » » »	4,5 — 5,2	»
1 □ »	Asphalt auf Balkendecken 1,3 Centim. stark incl. aller Materialien	6,0 — 7,0	»

§. 96. Bestimmung der Stärke hölzerner Balken.

Die Stärke der Balken, welche an beiden Enden frei aufliegen, findet man, wenn:
l die freitragende Länge des Balkens zwischen den Mitten der Auflager,
a den Abstand derselben von Mitte zu Mitte,
p die Belastung pro Einheit der Balkenlänge,
h die Höhe } des Balkens,
b die Breite }
k die zulässige Belastung des Materials bezeichnet, nach der Formel (35) S. 40. Anstatt P würde hier die ganze Belastung eines Balkens $= pl$ sein, man erhält also $\frac{1}{8} pl^2 = W \cdot k$. Nach Tabelle III ist aber für den rechteckigen Querschnitt $W = \frac{bh^2}{6}$, daher wird $\frac{1}{8} pl^2$

$= k \cdot \frac{bh^2}{6}$, oder $pl^2 = \frac{8}{6} k \cdot bh^2$. Bei dem Abstande a der Balken, ist die auf einen Balken kommende Last pro Längeneinheit $= ap$, daher erhält man:

$$ap \cdot l^2 = \frac{8}{6} k \cdot bh^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (274)$$

Beispiel. *Eine Balkenlage aus Kiefernholz habe* 5,5 *Meter Länge zwischen den Mitten der Auflager und* 1,1 *Meter Balkenabstand von Mitte zu Mitte. Die Totalbelastung sei* 500 *Kilogr. pro* □ *Meter, so hat man pro lfd. Centim. der Balkenlänge* $ap = 1{,}1 \cdot {}^{500}/_{100}$. *Setzt man nach Tabelle II für* $k = 80$ *Kilogr. pro* □ *Centim. Balkenquerschnitt, so wird nach* (274): $\frac{1{,}1 \cdot 500}{100} \cdot 550^2 = \frac{8}{6} \cdot 80 \cdot bh^2$; *oder* $1663750 = 107 \cdot bh^2$; *hieraus ergiebt sich* $bh^2 = \frac{1663750}{107} = 15550$. *Macht man die Balkenbreite* $= {}^3/_4$ *der Balkenhöhe, so ist* $b = 0{,}75\,h$ *und man erhält für* $bh^2 = 0{,}75\,h \cdot h^2 = 0{,}75\,h^3 = 15550$; *oder* $h = \sqrt[3]{\frac{15550}{0{,}75}}$ $=$ *rot.* 28 *Centim.; also für die Balkenbreite* $b = 0{,}75\,h = 0{,}75 \cdot 28 = 21$ *Centimeter.*

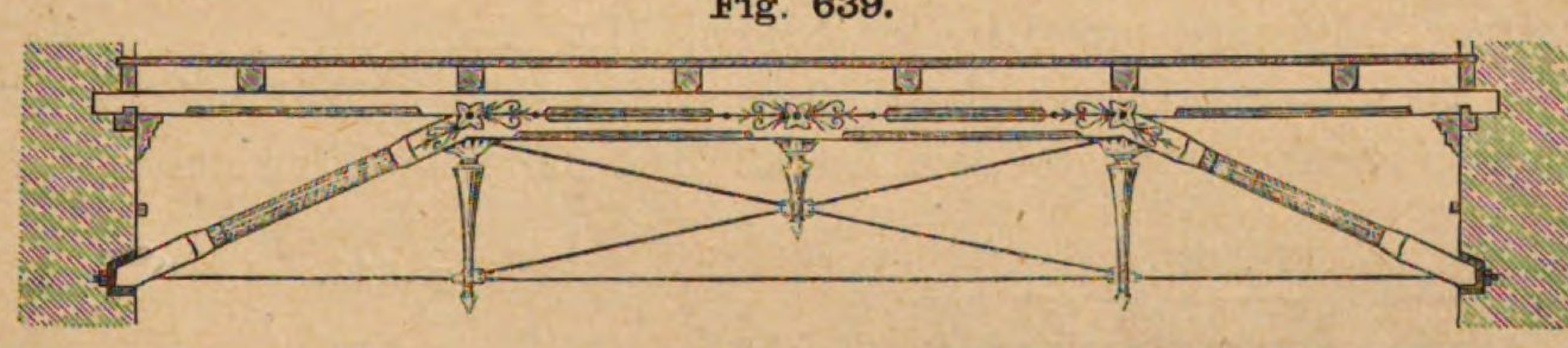
Annähernd ist die Höhe der Balken für Wohngebäude oder ähnlich benutzte Räume $= (16 + 2l)$ Centim.; wenn l in Metern und die Breite der Balken $= 0{,}75$ der Höhe genommen wird. Für den Balkenabstand = 1 Meter von Mitte zu Mitte, bei den in Wohngebäuden gewöhnlich vorkommenden Belastungen, genügen die Balkenstärken, welche in nachstehender Tabelle angegeben sind.

Länge der Balken in Meter.	4,4	4,7	5,0	5,3	5,6	5,8	6,0	6,3	6,6	6,75	6,9	7,1
Balkenstärke in Centim.	18 : 24	21 : 23	18 : 26	21 : 26	24 : 26	21 : 29	23 : 29	25 : 29	26 : 29	21 : 31	26 : 31	29 : 31

§. 97. Holzdecken von armirten Trägern unterstützt.

Armirte Deckenträger sind bereits S. 79 und 80 besprochen, doch ist diese Form derselben nicht für solche Räume geeignet, wo es darauf ankommt, eine ästhetisch befriedigende Wirkung zu erzielen. Für solche Fälle ist der in Fig. 639 dargestellte Träger, dessen Grundform ein Sprengwerk ist, brauchbarer; derselbe ist von den Archit. Herren **Kyllmann** und **Heyden** für den Sitzungssaal des Architekten-Vereins*) zu Berlin angewendet. Dieser Saal hat 17,89 Meter lichte Länge, 11,92 Meter lichte Weite und 7,845 Meter Höhe. An den beiden Langseiten des Saales sind je 4 eiserne Säulen ca. 78 Centim. von der Wand entfernt unter den Trägern aufgestellt und oben mit quergelegten Tonnengewölben überdeckt, so dass die obere lichte Weite des Saales oder die Spannweite des Sprengwerkes nur ca. 10 Meter beträgt; von Mitte zu Mitte haben die Träger 3,58 Meter Abstand. Die beiden Streben des Sprengwerks stemmen sich gegen einen Spannriegel und übertragen den grössten Theil der Last des Gebälkes auf die Mauern, wobei die untere horizontale Zugstange den Schub der Streben aufhebt. Damit die Zugstange nicht durchhängt, ist sie an den beiden festen Punkten, wo die Streben sich gegen den Spannriegel legen, aufgehängt und sind die schwachen Hängestangen, der bessern Wirkung wegen, mit einem Ornament aus Zink-

Fig. 639.



*) Deutsche-Bauzeitung 1869. S. 1 und 629.

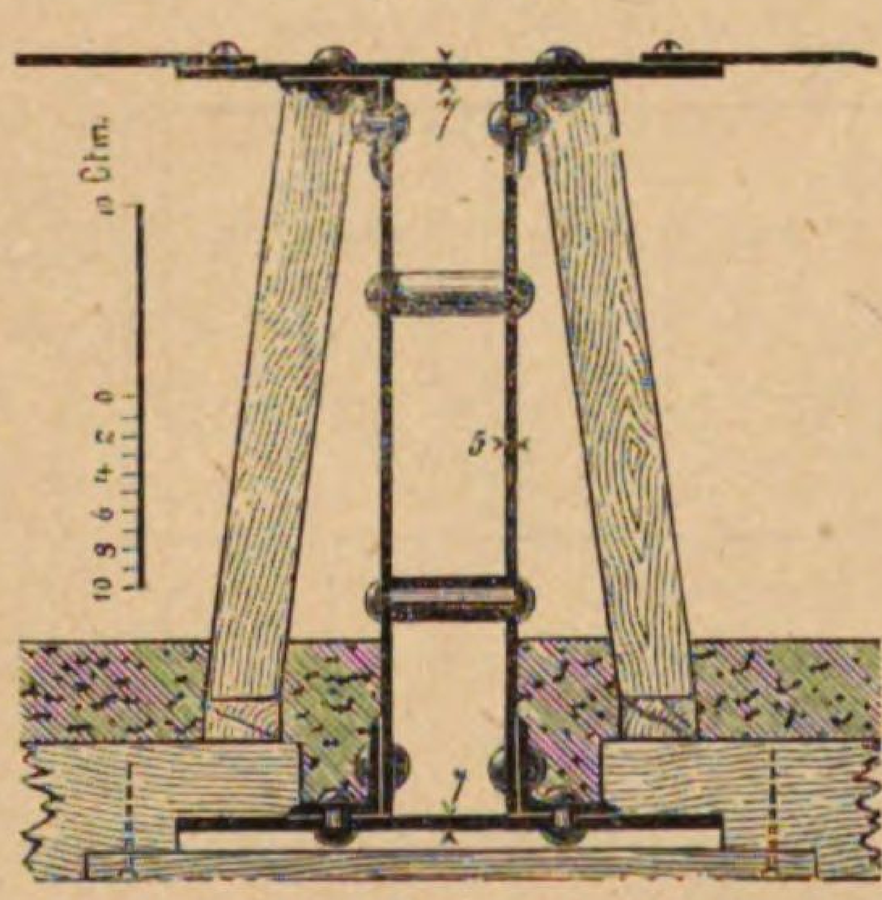
guss verkleidet. In seiner Mitte wird der Spannriegel noch einmal unterstützt und ist dieser Theil wie ein einfacher armirter Träger *A* Fig. 139 zu betrachten, so dass also die nach den Aufhängepunkten der unteren horizontalen Zugstange verlängerten schrägen Stangen nicht mit zur Construction gehören. Denkt man diese weg, so lassen sich die Spannungen in den Streben und Zugstangen leicht nach der Ritter'schen Methode bestimmen, wenn man die Last der beiden Knotenpunkte vorher ermittelt hat; Angaben über Deckenbelastung findet man S. 136.

Grössere Saaldecken werden oft an den Dachbindern aufgehängt, wenn nur untergeordnete Räume oberhalb der Saaldecke vorhanden sind. Ein interessantes derartiges Beispiel ist die Deckenconstruction von **J. W. Schwedler** über dem grossen Saal des neuen Rathhauses*) zu Berlin; ein anderes die Decke über der Aula des König-Wilhelms-Gymnasiums**) zu Berlin, von **Lohse** erbaut.

§. 98. Deckenconstructionen mit eisernen Trägern und hölzernen Balken.

In Fig. 640 ist eine Deckenconstruction dargestellt die im Jahre 1866 für das herzogl. Schloss zu Braunschweig ausgeführt wurde. Zwischen den Kastenträgern, die pro lfd. Meter 84 Kilogr. wiegen, sind schwache hölzerne Balken dicht nebeneinander gelegt, hierauf sind an beiden Enden Latten genagelt und diese mit schrägen Spreitzen gegen die obere Trägergurtung befestigt. Die untere Trägergurtung ist gegen die hölzernen Balken mit Brettern verschaalt, berohrt und verputzt. Auf den Balken aber ist eine Betonschicht von 5 Centim. Höhe ausgebreitet, die, nachdem sie erhärtet war, eine feste Steinplatte zwischen den Trägern bildete. In eigenthümlicher, wenn auch nicht gerade zweckmässiger Weise ist der Fussboden hergestellt. Es sind nämlich zwischen den Trägern auf der oberen Trägergurtung schwache Bleche mit 6 Millim. starken Schrauben in 21 Centim. Abstand dicht aufgeschraubt und ist hierauf eine Sandschüttung gebracht, worin die Lagerhölzer des Fussbodens eingebettet werden konnten. Mit dieser Construction ist der Uebelstand verbunden, dass die Höhe der Decke sehr gross und durch die zwischengeschraubten Bleche kostspielig wird. Für die Kastenträger zahlte man pro Ctr. (50 Kilogr.) 21,6 Mark.

Fig. 640.



Eine andere Deckenconstruction mit gewalzten I-förmigen Trägern und hölzernen Zwischenbalken, ist von dem Archit. Hrn. **Dörfel** in Wien ausgeführt und in Fig. 641 im Grundrisse, in Fig. 642 im Längen- und Querschnitte dargestellt. Die Träger liegen nach der Fenstertheilung 2,69 Meter von Mitte zu Mitte entfernt und sind nach Fig. 642 *A* mit der Mauer verankert. Auf der unteren Flantsche der Träger ruhen die hölzernen Balken, welche in der Längenrichtung des Raumes, unterhalb der I-Eisen, durch eiserne Klammern zusammengehalten werden, wie dies in Fig. 642 *B* angedeutet ist. Solche Klammerverbindung kann nicht als genügend sicher bezeichnet werden, sie lässt sich aber auch leicht umgehen, wenn man den

Fig. 641.

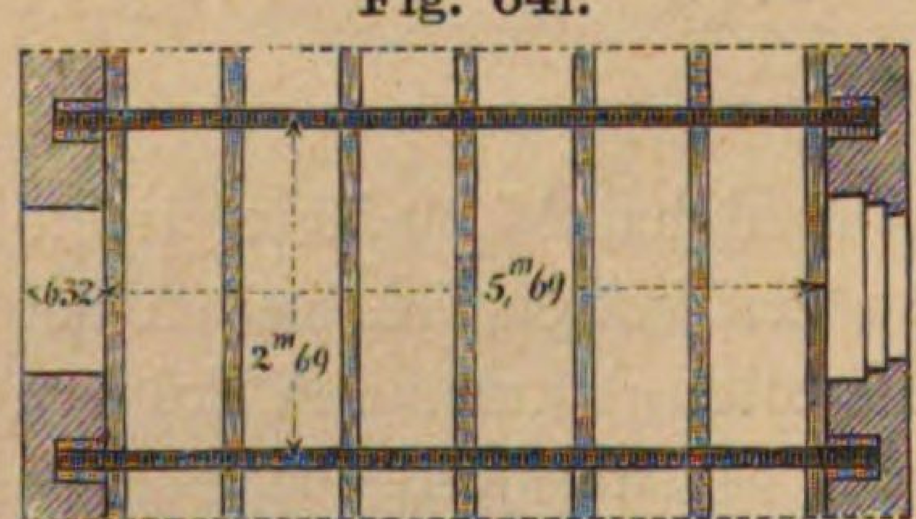
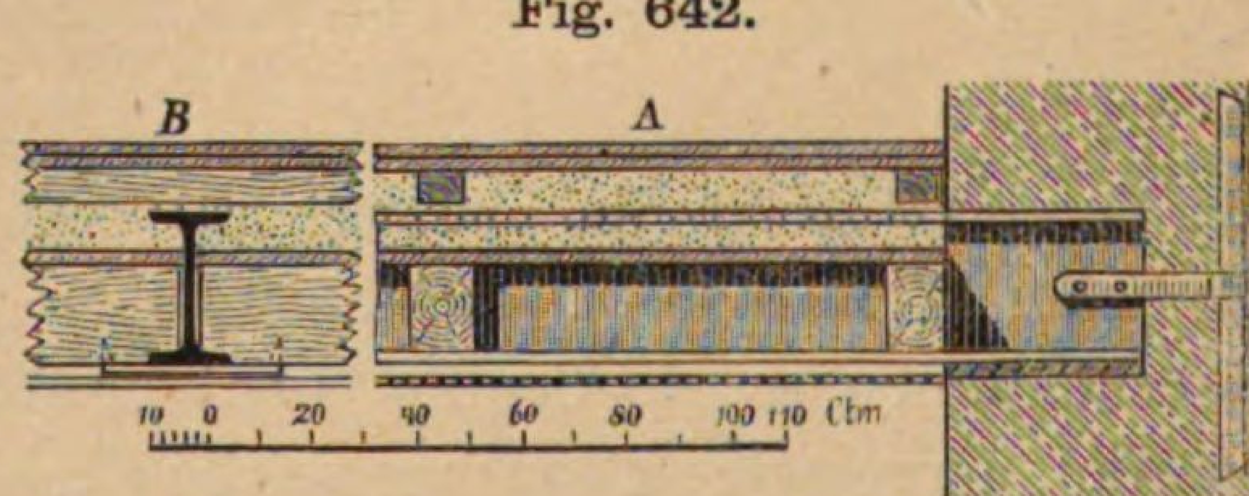


Fig. 642.



*) Erbkam's Zeitsch. f. Bauwesen 1869. S. 387.
**) Daselbst 1867, Blatt 14.

Träger durchbohren will. Oberhalb der hölzernen Balken ist eine Zwischendecke angebracht und hierauf eine Lehm- oder Schuttaufschüttung, worin die Lagerhölzer des Fussbodens eingebettet sind; die ganze Constructionshöhe der Decke beträgt nur ca. 40 Centim., den Fussboden mit eingerechnet.

Beispiel. *Nimmt man für die Totalbelastung des Fussbodens Fig.* 641 *pro* □ *Meter* 500 *Kilogr. an, so erhält jeder Träger eine Last* $P = 2{,}69 \times 5{,}69 \times 500 = 7650$ *Kilogr.*; *darnach ist das* **erforderliche** *Widerstandsmoment* (35) *S.* 40, *wenn man* $k = 800$ *Kilogr. und* $l = 5{,}8$ *Meter annimmt*:

$$W = \frac{Pl}{8k} = \frac{7650 \cdot 580}{8 \cdot 800} = 694 \text{ Centimeter-Kilogramm.}$$

Das für die Ausführung gewählte **I**-*Eisen hat die Höhe* $H = 26{,}3$, *die Breite* $B = 12$, *die Stegstärke* $= 1{,}2$ *und die Flantschstärke* $= 1{,}6$ *Centim.*; *hiernach ist dessen Widerstandsmoment*:

$$W = \frac{BH^3 - bh^3}{6H} = \frac{11{,}6 \cdot 26{,}3^3 - 10{,}5 \cdot 23{,}1^3}{6 \cdot 26{,}3} = 517.$$

Es ist also zu schwach, wenn man den Träger an den Enden frei aufliegend annimmt; wird dagegen der Träger an beiden Enden fest eingespannt angenommen (*vergl. d. Anmerk. S.* 45), *so würde nach Formel* (49) *das* **erforderliche** *Widerstandsmoment* $= 463$ *sein*; *in diesem Falle wäre das* **vorhandene** *Widerstandsmoment des Trägers reichlich gross; man kann den Träger demnach als ausreichend stark ansehen, weil sein Widerstandsmoment zwischen den beiden obigen Grenzfällen liegt und die Bedingungen der Einspannung einigermassen, wenn auch nicht genügend, erfüllt sind. Jedes Auflager des Trägers erhält den Druck* $\frac{7650}{2} = 3825$ *Kilogr.*; *das Mauerwerk darf gewöhnlich nur mit* 6 *Kilogr. pro* □ *Centim. belastet werden, es ist daher eine Auflagerfläche von* $\frac{3825}{6} = 638$ □ *Centim. erforderlich. In dem vorliegenden Falle hat die Unterlagsplatte* 39 *Centim. Länge und* 31 *Centim. Breite, oder* 1209 □ *Centim. Fläche.*

Zur leichteren Auffindung der Abmessungen und des Gewichtes eines Trägers von bestimmtem Widerstandsmoment kann die Tabelle X benutzt werden. Hierbei bezeichnet $W = \frac{J}{v}$ das Widerstandsmoment des Trägers für Centimeter-Kilogramm, G annähernd das Gewicht desselben pro lfd. Meter in Kilogr., H die Trägerhöhe und B die Flantschbreite in Centimeter. Die Zahlen der Tabelle sind nur Näherungswerthe, deren Genauigkeit jedoch für überschlägliche Rechnungen vollständig ausreicht. Genau wird das Widerstandsmoment der **I**-Träger nach der Formel (26) S. 35 bestimmt.

Tabelle X.

Widerstandsmomente und Gewichte der gewalzten **I**-Träger.

W	*G*	*H*	*B*	*W*	*G*	*H*	*B*	*W*	*G*	*H*	*B*	*W*	*G*	*H*	*B*	*W*	*G*	*H*	*B*	*W*	*G*	*H*	*B*
10	4,5	6,0	3,0	140	24,5	14,0	8,5	270	34,5	20,0	10,3	500	51,5	25,3	11,5	825	68,0	31,0	13,5	1300	90,0	38,0	14,5
20	6,5	8,0	4,0	150	25,5	15,0	8,5	280	35,3	20,5	10,3	525	52,5	25,5	12,0	850	70,0	31,5	13,5	1350	92,0	38,0	15,0
30	9,0	8,0	5,0	160	26,0	15,5	8,5	290	36,0	20,8	10,3	550	53,5	26,0	12,3	875	72,0	31,8	13,7	1400	95,0	39,0	15,0
40	11,5	8,5	6,5	170	26,7	16,2	9,0	300	36,8	21,5	10,3	575	54,5	26,5	12,5	900	74,0	32,0	13,8	1450	97,0	40,0	15,5
50	12,5	10,0	6,5	180	27,5	16,7	9,0	320	38,0	22,0	10,3	600	55,5	26,8	12,5	925	76,0	32,3	13,8	1500	100,0	41,0	15,5
60	14,0	10,5	7,0	190	28,3	17,0	9,0	340	39,5	22,5	10,3	625	56,5	27,2	12,5	950	78,0	32,4	13,8	1600	104,0	41,5	15,8
70	15,5	11,0	7,5	200	29,0	17,3	9,0	360	41,0	22,5	10,5	650	57,5	27,5	12,5	975	80,0	32,5	13,8	1700	108,0	42,0	16,0
80	17,0	12,0	7,5	210	29,8	17,5	9,0	380	42,5	23,5	10,5	675	58,5	28,0	13,0	1000	81,5	32,5	13,9	1800	112,0	43,0	16,3
90	18,5	12,5	7,7	220	30,7	18,0	9,3	400	44,0	24,0	10,5	700	59,7	29,0	13,0	1050	83,0	32,5	14,0	1900	116,0	44,0	16,6
100	20,0	12,5	8,0	230	31,5	18,5	9,6	420	45,5	24,0	10,5	725	61,0	30,0	13,0	1100	84,0	33,5	14,0	2000	120,0	45,0	17,0
110	21,3	13,0	8,3	240	32,3	18,7	10,0	440	47,0	24,3	10,5	750	62,5	30,3	13,0	1150	85,0	34,5	14,0	2450	138,0	47,5	18,0
120	22,5	13,5	8,5	250	33,0	19,0	10,0	460	48,5	24,5	11,0	775	64,0	30,5	13,0	1200	86,0	35,5	14,0	2750	151,0	50,0	18,0
130	23,7	13,5	8,5	260	33,8	19,7	10,0	480	50,0	24,8	11,3	800	66,0	30,7	13,3	1250	88,0	36,0	14,5	—	—	—	—

Es wäre sehr wünschenswerth, sowohl für die Consumenten wie für die Producenten, wenn von Seiten der Archit.- und Ing.-Vereine ganz bestimmt dimensionirte Profile für **I**-Träger festgestellt würden, die für alle in der Praxis vorkommenden Fälle geeignet und im Handel allgemein nach Nummern bezogen werden könnten. Hierdurch würde deren Anwendung im Baufache sehr erleichtert werden. Schon im Jahre 1864 hat der **österreichische** Ing.- und Archit.-Verein durch ein Comité 10 Stück verschiedene Profile feststellen lassen und den Hüttenwerken zur Ausführung empfohlen. Diese Profile haben solche Dimensionen erhalten, dass der Materialaufwand in möglichst günstigem Verhältniss zur Tragfähigkeit der Träger steht; doch ist hierbei auf die praktischen Bedürfnisse und auf die vorhandenen Walzenkaliber Rücksicht genommen. Als grösste Inanspruchnahme des Schmiedeeisens wurden 1080 Kilogr. pro □Centim Querschnittfläche als zulässig erachtet. Die Dimensionen der Profile in Bezug auf Fig. 144 und 145 (S. 84) in Centim., das Gewicht G pro lfd. Meter in Kilogr. und das Widerstandsmoment W dieser Träger ist aus nebenstehender Tabelle zu ersehen.

Profil	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6	Nr. 7	Nr. 8	Nr. 9	Nr. 10
$H =$	31,6	25,4	26,3	19,8	23,7	21,1	18,4	15,8	13,2	10,5
$B =$	13,4	14,0	11,6	12,3	10,9	9,6	8,7	8,6	7,2	5,8
$s =$	1,6	1,3	1,1	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,5
$\frac{a+e}{2} =$	2,0	2,0	1,6	1,6	1,4	1,3	1,3	1,1	1,0	0,7
$G =$	72,4	63,7	48,4	43,8	39,2	31,6	26,5	21,0	16,4	8,9
$W =$	921	688	517	372	384	277	207	148	93	43

Da wo der Steg in die Flantsche übergeht, sind die Ecken mit einem Radius = der Stegstärke s ausgerundet; nach aussen werden die Flantschen im Verhältniss von 1 : 12 dünner. Das stärkste Profil hat hier nur 31,6 Centim. Höhe, während die **Burbacher-Hütte** **I**-Träger bis zu 50 Centim. Höhe auswalzt.

Wenn nur eine geringe Constructionshöhe für Decken vorhanden ist und doch sehr starke Träger erforderlich werden, so wählt man die S. 87 besprochenen Kastenträger. In Fig. 643 ist ein solcher Fall im Grundrisse dargestellt; es ist dies die Decke über einen Raum im **neuen Rathhause** zu Berlin. In der Mitte des Raumes liegt ein eiserner

Fig. 643.

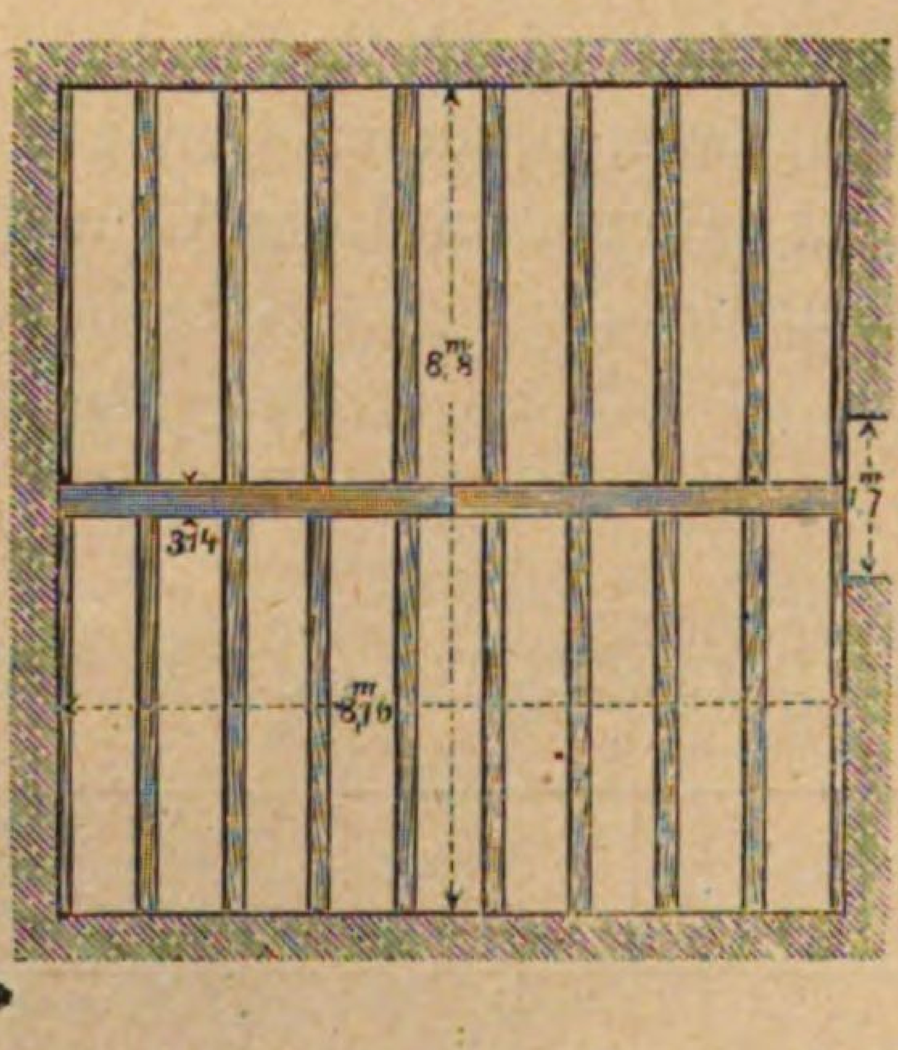


Fig. 644.

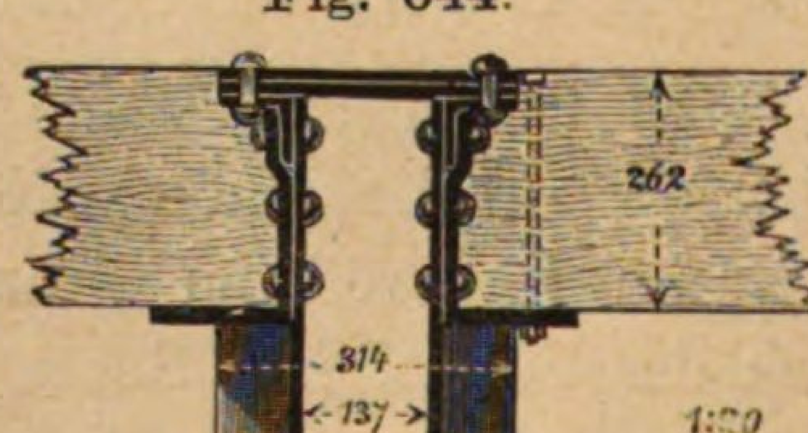
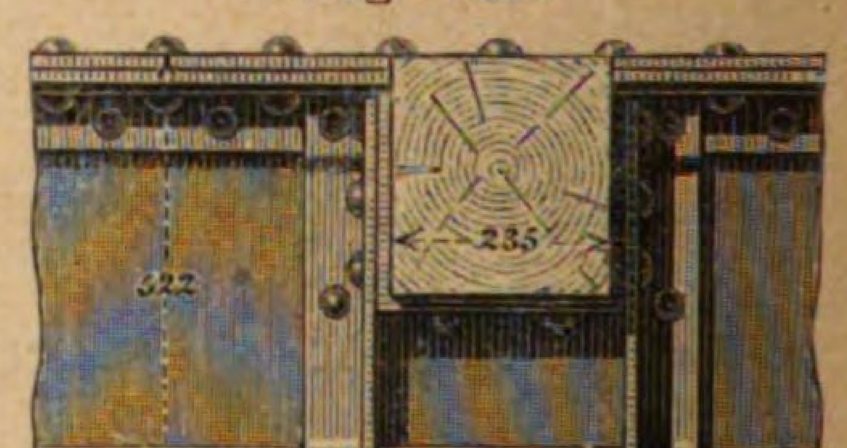


Fig. 645.



Kastenträger von 52,2 Centim. Höhe, an welchem Schuhe angenietet sind, worin die hölzernen Querbalken ihr Auflager finden; der Träger hat demnach die halbe Last der Decke aufzunehmen. Das Widerstandsmoment der Kastenträger kann nach dem 2. Beispiel S. 92 berechnet werden. Der Querschnitt des Trägers ist in Fig. 644, die theilweise Seitenansicht desselben in Fig. 645 in $^1/_{20}$ der wirklichen Grösse dargestellt. Werden Gurtungen von grossem Querschnitte erforderlich, so nimmt man gewöhnlich 2 oder mehrere übereinander liegende Deckbleche, weil die Platten sich bei geringerem Gewichte leichter bearbeiten lassen und dünnere Platten durch das wiederholte Auswalzen eine grössere Festigkeit erhalten. Das Auflager des Trägers zeigt Fig. 646 und Fig. 647; an dem einen Ende trifft der Träger gerade auf einen Thürbogen, der wegen der grossen Last, welche der Träger auf die Mauer zu übertragen hat, entsprechend solide ausgeführt werden musste. Der Thürbogen ist $3^1/_2$ Stein stark in concentrischen Ringstücken ohne Verband einge-

wölbt, wobei der Träger den Schluss der oberen Ringstücke bildet, während er auf einem Sandsteinconsol ruht, welches der Schlussstein für die beiden unteren Schichten ist. Hat man so viel Höhe zur Verfügung, dass der Träger auf 2 Ringstücke von je $^1/_2$ Stein Stärke zu liegen kommt, so lässt sich das Trägerauflager auch nach Fig. 648 ausführen, indem man gegen die obere Gurtung des Trägers Bogenstücke einwölbt, wodurch der Thürbogen theilweise entlastet wird, natürlich müssen die Bögen aus harten Ziegeln in gutem Cementmörtel gemauert werden.

Fig. 646.

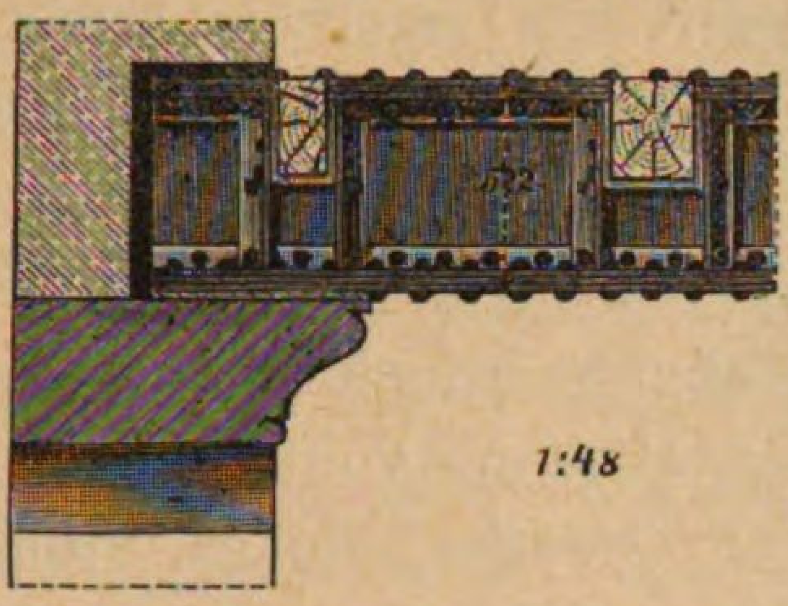
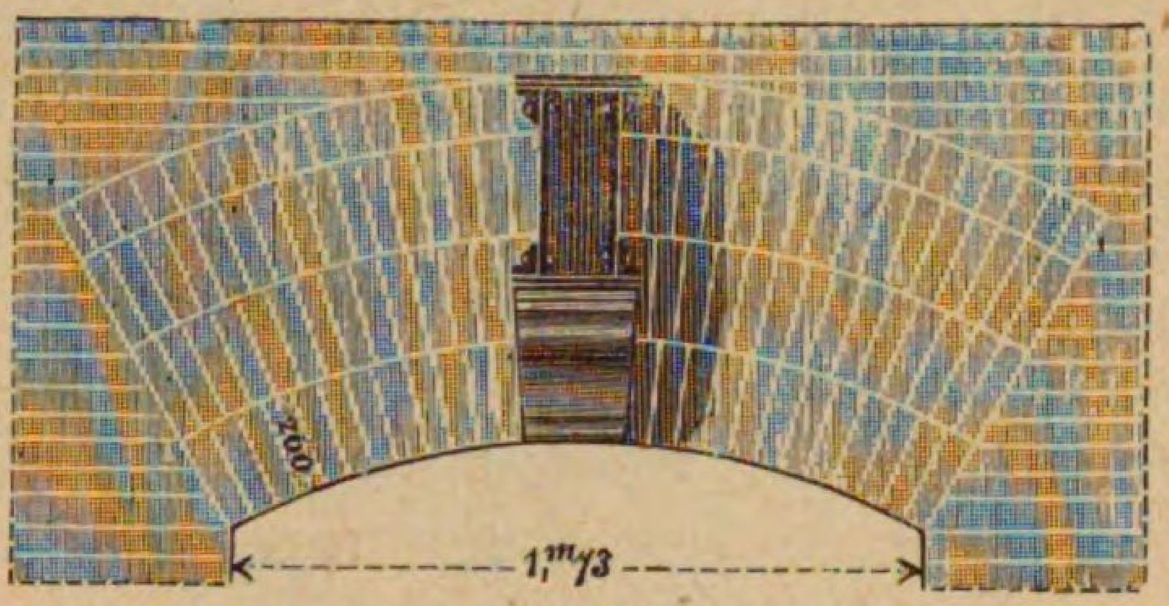
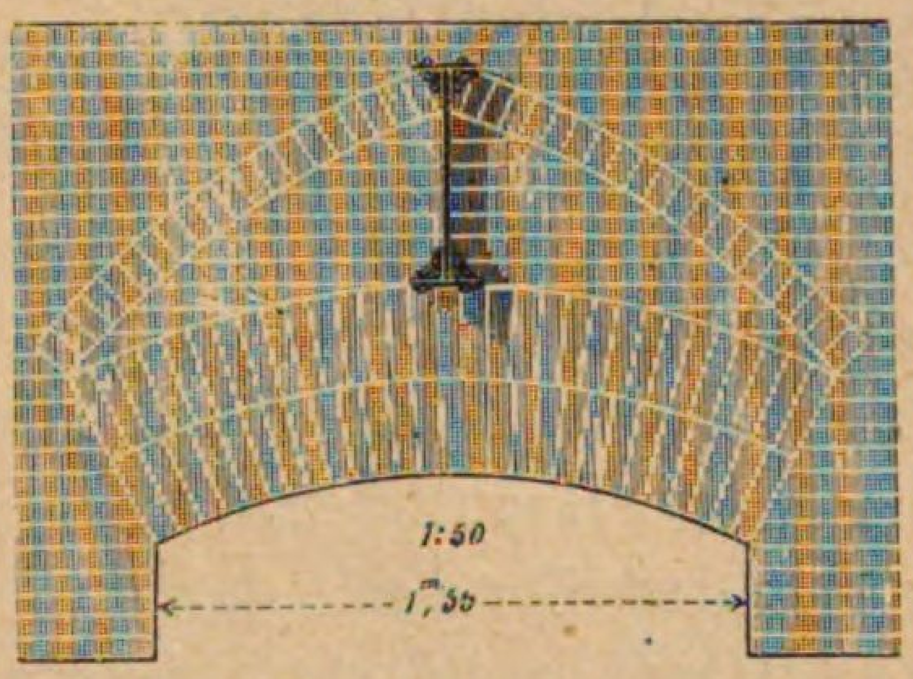


Fig. 647.



Auch **I**-förmige Querträger kann man anwenden, wenn Hauptträger über Thüröffnungen zu liegen kommen, diese letztere Methode dürfte noch die sicherste und einfachste sein, indem die Thüröffnung horizontal abgeschlossen und die Arbeit des Wölbens, welche mehr Zeit in Anspruch nimmt, erspart wird.

Fig. 648.



Für einen andern Saal des Rathhauses zu Berlin sind in ähnlicher Weise wie in Fig. 643, die in Fig. 649 in der Ansicht und in Fig. 650 im Querschnitte in $^1/_{20}$ der natürlichen Grösse gezeichneten Gitterträger mit einfach gekreuzten Diagonalen zur Ausführung gekommen. Hierbei ruhen die hölzernen Querbalken ebenfalls in Schuhen, die mittelst verticaler Winkeleisen an den beiden Gurtungen des Gitterträgers angenietet werden konnten.

Fig. 649.

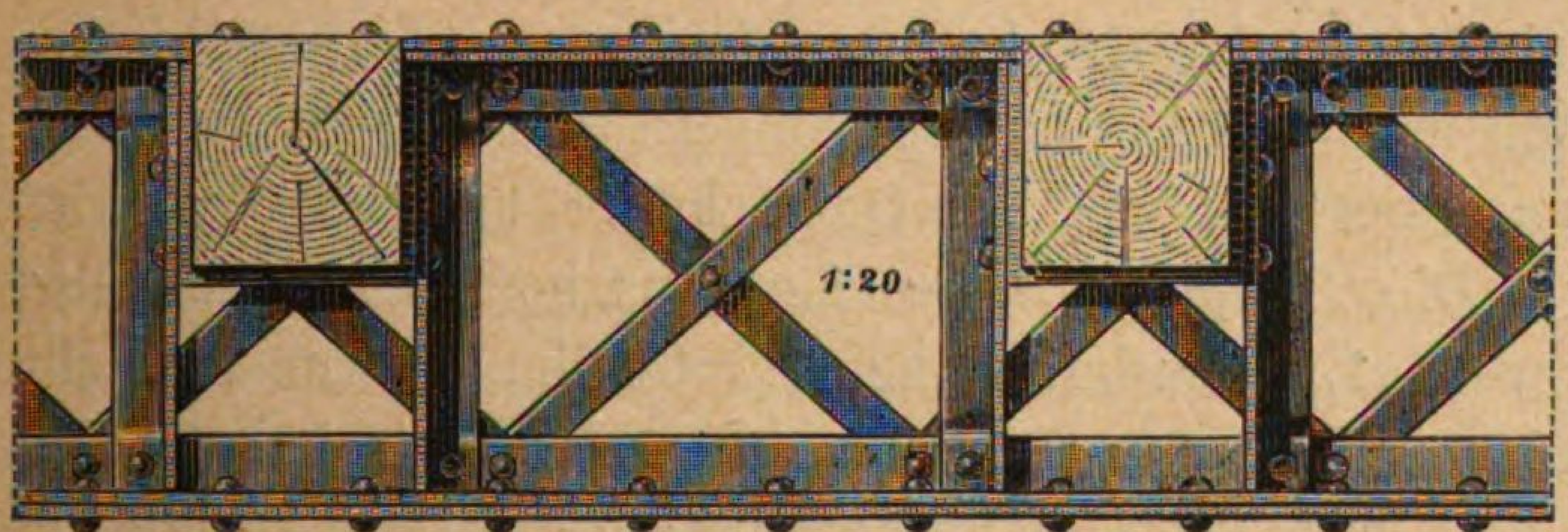
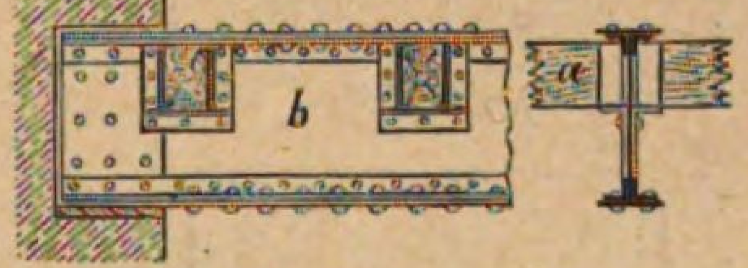


Fig. 650.



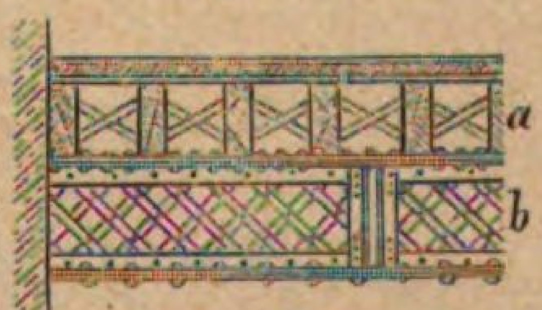
Fig. 651. Fig. 652.



Solche Decken-Constructionen sind in neuerer Zeit öfter ausgeführt, unter anderen auch für die kleinen Malersäle und für die Garderoben des Opernhauses zu Wien. Die Hauptträger sind hier einfache Blechträger *b*, Fig. 651 und 652, von 63 Centim. Höhe und 13,85 Meter Spannweite; sie liegen in Abständen von 4,87 Meter und sind die hölzernen Querbalken von 16 Centim. Breite und 24 Centim. Höhe in angenietete Schuhe von Winkeleisen eingeschoben. Unter der Deckenschaalung stehen die Hauptträger vor und sind verschaalt, berohrt und verputzt.

In dem grossen Saale des Erzh. Ludwig Victor-Palais zu Wien ist die Decke nach Fig. 653 construirt. Ueber dem 11,68 Meter breiten Saal liegen 2 engmaschige Gitterträger *b* von 11,1 Meter Spannweite in 4,1 Meter Abstand. Die auf den Hauptträgern liegenden hölzernen Querbalken *a* haben 10,5 Centim. Breite, 36 Centim. Höhe und liegen in Abständen von 50 Centim., dieselben sind durch Kreuzverstrebung in je ca. 90 Centim. Entfernung versteift und an mehreren Stellen durch eiserne Anker zusammengehalten. Engmaschige Gitterträger (vergl. S. 95) sind für die Anwendung nicht zu empfehlen.

Fig. 653.

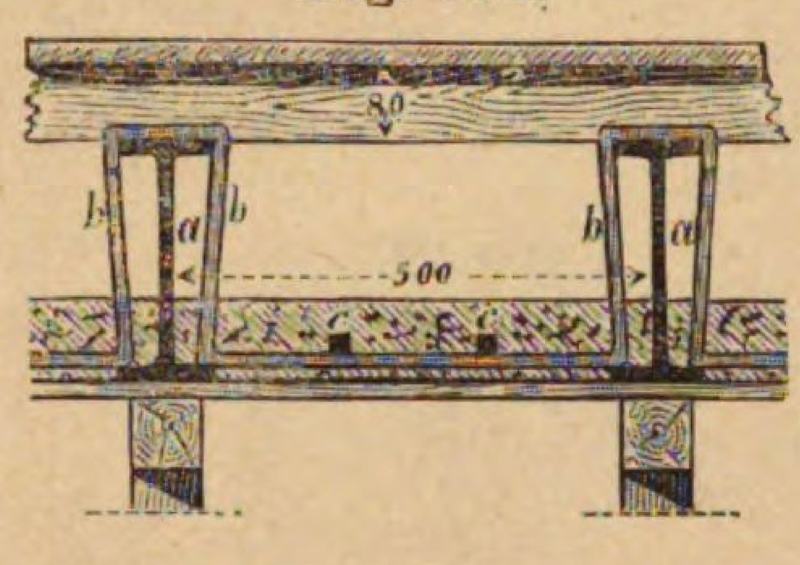


II. Feuersichere Decken aus Eisen und Stein.

§. 99. Französische Deckenconstruction.

In Paris ist eine Deckenconstruction sehr gebräuchlich die nach Fig. 654 aus gewalzten I-Trägern *a* gebildet wird, worauf die Lagerhölzer des Fussbodens direct aufgelegt sind. Die eigentliche Decke stellt man nun in der Weise her, dass man hakenförmig gebogene Eisen *b* über die I-Träger hängt und hierauf wieder schwächere Eisen *c* legt; das so gebildete Netz aus Eisenstäben wird mit Gyps ausgegossen; solche Decken nennt man in Wien, wo dieselben ebenfalls mehrfach angewendet sind, **Agraffendecken.** Die I-Träger werden gewöhnlich nur 50 Centim. von einander entfernt gelegt, wobei man ein ca. 25 Centim. hohes Profil verwendet, wenn die Spannweite 5 bis 6 Meter beträgt. Die hakenförmigen Quereisen *b* (Agraffen) macht man aus 18 bis 20 Millim. starkem Quadrateisen und hängt dieselben in Abständen von 0,8 bis 1,0 Meter über die Hauptträger. Die auf den Agraffen liegenden mit Kupferdraht niedergebundenen Quadrateisen *c* erhalten nur 6 bis 8 Millim. Stärke; sie reichen über die ganze Spannweite des Raumes, sind an den Enden gewöhnlich aufgeschroten und auseinander gebogen, so dass sie mit Gyps oder Cement in den Mauern befestigt werden können. Zum Ausgiessen des Netzwerkes mit Gyps wird, auf einem Gerüste ruhend, unter den Hauptträgern eine Schaalung angebracht; hierauf giesst man den Gypsbrei aus, ebnet denselben mit der Kelle und drückt in die weiche Masse aus Bauschutt gesammelte, feste Gypsstücke ein, bis die Decke die gewünschte Stärke erhalten hat, hierüber wird dann noch dünner Gyps ausgegossen, damit alle Zwischenräume gehörig ausgefüllt werden.

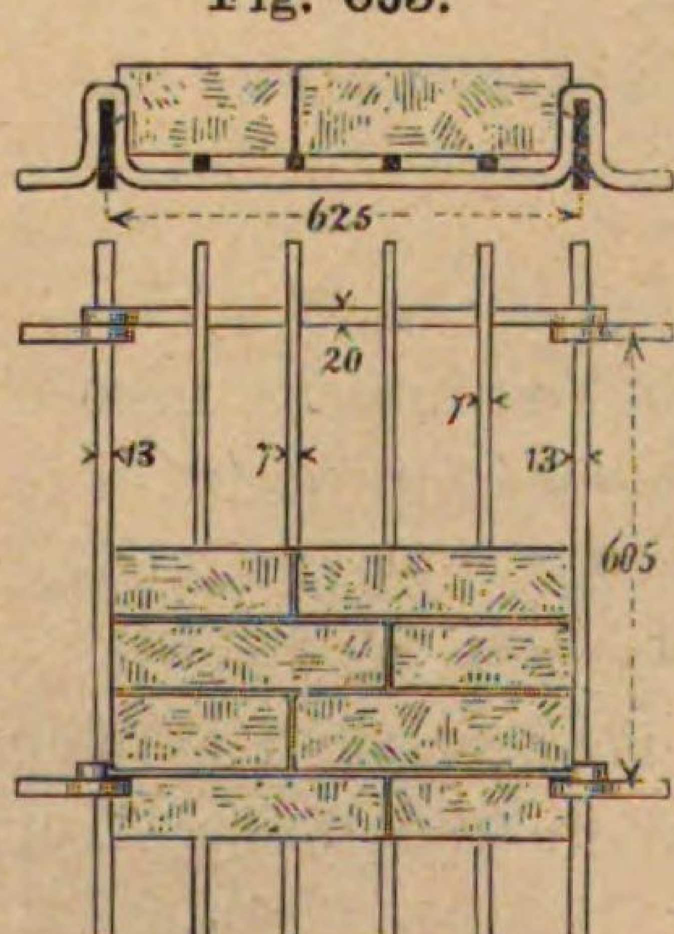
Fig. 654.



Wendet man einen hölzernen Fussboden bei diesen Decken an, so legt man die ca. 8 Centim. starken Schwellhölzer mit geringer Ueberschneidung auf die eisernen Träger in Abständen von 60 bis 70 Centim. und erhalten hierbei die Fussbodendielen nur 2,5 Centim. Stärke.

Nach dem französischen Prinzip construirte Decken wurden auch für verschiedene Räume des Hof-Opernhauses zu **Wien** ausgeführt. In Fig. 655 ist die Decke über dem Bühnenraume dieses Hauses im Querschnitte und im Grundrisse dargestellt. Die Hauptträger bestehen aus hochkantig gestellten Flacheisen von 11,8 Centim. Höhe, 1,3 Centim. Stärke und sind in 62,5 Centim. Entfernung angebracht. Natürlich haben diese Träger eine zu geringe Tragfähigkeit um auf grösserer Länge freiliegen zu können, sie sind daher in kurzen Abständen mittelst schwacher Hängestangen an den Dachbindern aufgehängt und haben nach der Mitte zu eine Sprengung von 8 Centim. erhalten. Auf den Hauptträgern hängen die aus Quadrateisen von 2 Centim. Stärke gebogenen Agraffen in Entfernungen von 60,5 Centim. und hierauf liegen 4 Stück Stäbe aus 7 Millim. starkem Quadrateisen, die auf den Agraffen mit Draht niedergebunden wurden. Als Ausfüllmasse für das eiserne Netzwerk hat man nicht Gyps, sondern eigens zu diesem Zwecke angefertigte Hohlziegel, in Kalkmörtel gelegt, angewendet. Diese haben 3 Kanäle, sind 6,5 Centim. dick, 13 Centim. breit und 38 resp. 22 Centim. lang; wie aus Fig. 655 zu ersehen ist, sind die Steine in Verband gelegt.

Fig. 655.



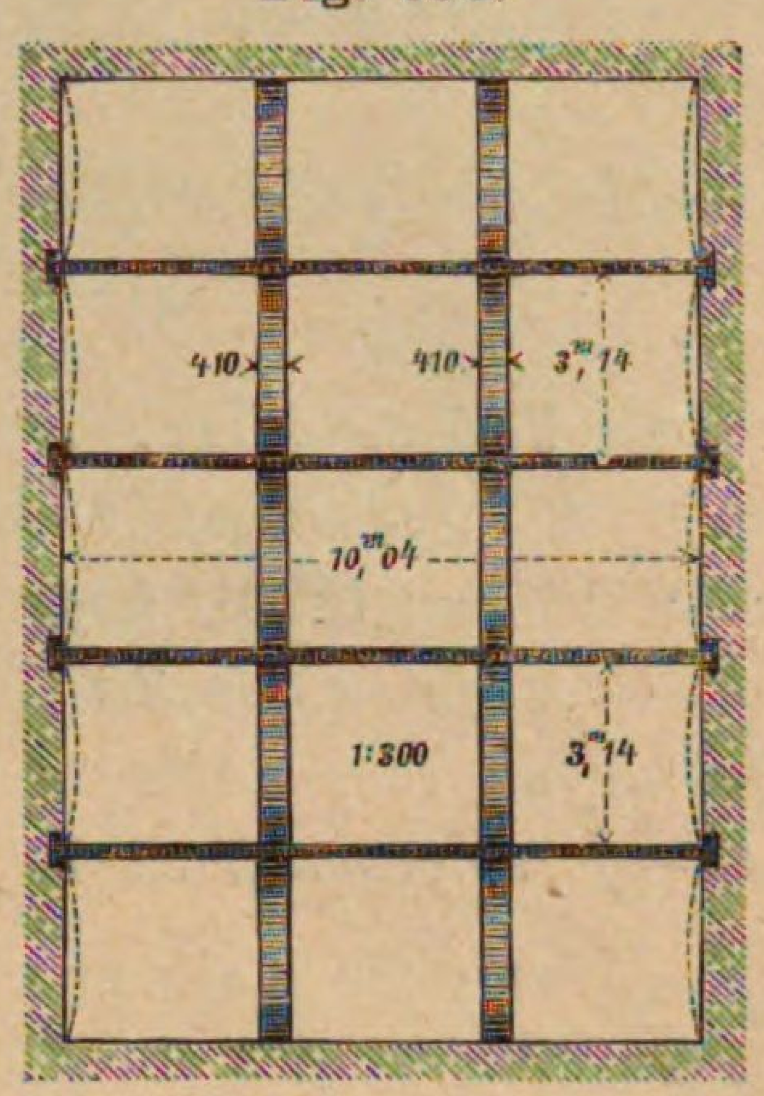
§. 100. Gewölbte Decken zwischen I-förmigen Trägern.

Die im vorhergehenden §. erwähnten Decken erfordern verhältnissmässig viel Eisen, da die Träger, der schwachen Agraffen wegen, nahe an einander gerückt werden müssen, auch haben die Agraffen zum Tragen einen unzweckmässigen Querschnitt und ver-

schlingen daher eine grosse Materialmenge. Aus diesem Grunde werden in neuerer Zeit zwischen den gewalzten **I**-förmigen Trägern, resp. Blech- oder Gitterträgern, Kappengewölbe aus Ziegeln eingespannt.

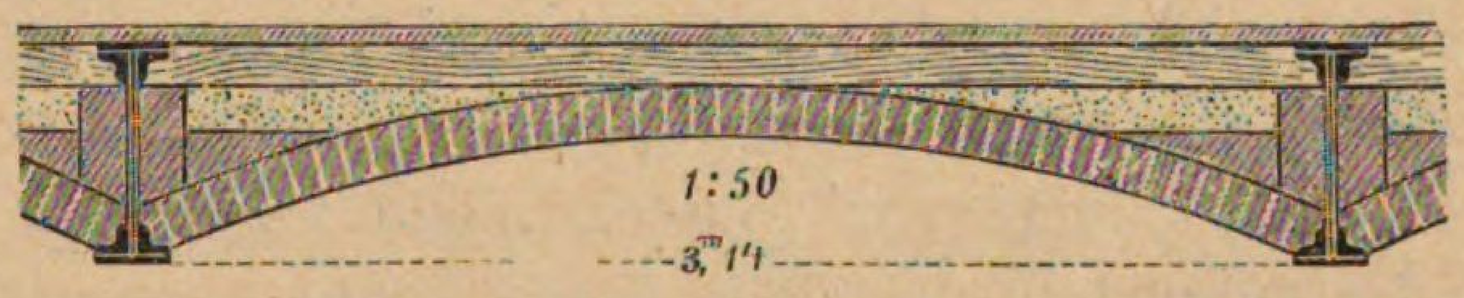
Fig. 656 giebt den Grundriss der Deckenconstruction eines Saales im **neuen Rathhause** zu Berlin. Hier sind 4 Gitterträger von ca. 60 Centim. Höhe und 19 Centim. Gurtungsbreite nach der kleineren Dimension über den Saal gelegt, wodurch die Decke in 5 gleiche Felder von 3,14 Meter Weite eingetheilt wurde. Die im schwalbenschwanzförmigen Verbande (vergl. Fig. 243, S. 131) eingewölbten Kappen, $^1/_2$ Stein stark, in einer Länge auszuführen erschien nicht räthlich, man hat desshalb zwischen den Trägern 2 Verstärkungsgurte von 1 Stein Stärke und $1^1/_2$ Stein Breite eingespannt, die mit der untern Leibung der Kappen bündig sind, also oberhalb der Kappen um $^1/_2$ Stein vorstehen; zwischen 2 Trägern wurden in dieser Weise 3 nahezu quadratische Felder gebildet, die einzeln durch eine Kappe geschlossen sind.

Fig. 656.



Den Querschnitt einer $^1/_2$ Stein starken Kappe zeigt Fig. 657, wobei die Pfeilhöhe ca. $^1/_9$ der Spannweite beträgt. Im Allgemeinen macht man die Pfeilhöhe für solche Kappengewölbe = $^1/_8$ bis $^1/_{10}$ der Spannweite und dann erhalten die Kappen bis 3,7 Meter Spannweite $^1/_2$ Stein, bis 5 Meter Spannweite 1 Stein Stärke im Scheitel; nach den Kämpfern hin werden die Kappen zweckmässig verstärkt. Die **Widerlagstärke** der Mauern beträgt für die Gurtbogen $^1/_3$ bis $^1/_5$ der Spannweite, je nachdem die Widerlager wenig oder durch mehrere Stockwerke belastet sind; die Widerlager der Kappen macht man = $^1/_4$ bis $^1/_5$ der lichten Spannweite, jedoch nicht weniger als $1^1/_2$ Stein stark.

Fig. 657.



Um die Constructionshöhe der Decke möglichst niedrig zu halten, sind die ca. 13 Centim. hohen Fussbodenschwellen zwischen die Balken gelegt, in Abständen von ca. 1 Meter von Mitte zu Mitte, und liegen dieselben in der Mitte auf der Kappe, an den Enden aber nach Fig. 657 auf kleine Pfeiler, in Cement gemauert, wobei die Schwellen von der Trägergurtung niedergehalten werden. Zwischen je 2 Verstärkungsgurte liegen 4 Schwellen, wovon 2 Stück fast dicht an die Gurte gerückt sind, so dass an jeder Seite eines Gurtes eine Schwelle vorkommt. Der Raum unter und zwischen den Schwellen ist mit Füllmaterial bis dicht unter dem Fussboden ausgestopft; Lehm mit Coaksasche gemengt, eignet sich am besten als Füllmaterial.

In der Regel erhalten die Schwellhölzer der Fussböden 10 bis 13 Centim. Stärke und man legt dieselben nicht direct auf die Kappen, sondern lässt zwischen dem höchsten Punkt des Gewölbes und der Unterkante der Schwelle einen Raum von 5 Centim. Höhe für Füllmaterial, damit etwaige Erschütterungen des Fussbodens nicht direct auf das Gewölbe übertragen werden. Die Richtung der Schwellen muss immer die Scheitellinie des Gewölbes kreuzen, weil sonst durch Belastung einer Lagerfuge das Gewölbe in der ganzen Länge einen Riss erhalten und der Einsturz desselben erfolgen könnte.

Zum Einwölben von Corridoren etc. verwendet man oft alte Eisenbahnschienen; die Spannweite der Kappen darf bei denselben 1,2 bis 1,5 Meter betragen, wobei die Kappenlänge, oder die freie Länge der Schienen zwischen den Auflagern ca. 3,0 Meter nicht überschreiten soll.

Beispiel. *In Fig.* 658 *und* 659 *ist die Decke eines Corridors im* **König-Wilhelm-Gymnasium** *zu Berlin dargestellt, die auf Eisenbahnschienen eingewölbt wurde. Hier beträgt die Entfernung der Schienen von Mitte zu Mitte ca.* 1,4 *Meter und die lichte Weite des Corridors* 2,8 *Meter; der Fussboden besteht aus einer Ziegelflachschicht mit einem* 13 *Millim.*

starken Asphaltüberzuge. Eine Eisenbahnschiene hat demnach 1,4 · 2,8 = 3,92 □*Meter Fussboden zu tragen; rechnet man nach S.* 136 *für eine solche Decke an Eigengewicht und zufälliger Belastung* 750 *Kilogr. pro* □*Meter, so ist die gleichmässig vertheilte Last P, welche eine Schiene zu tragen hat,* 3,92 · 750 = 2940 *Kilogr.; das erforderliche Widerstandsmoment daher nach Formel* (35):

Fig. 658.

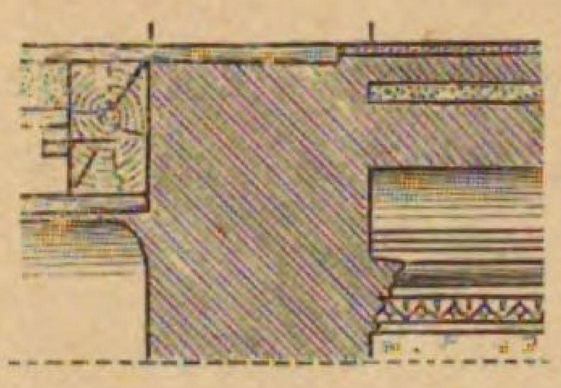
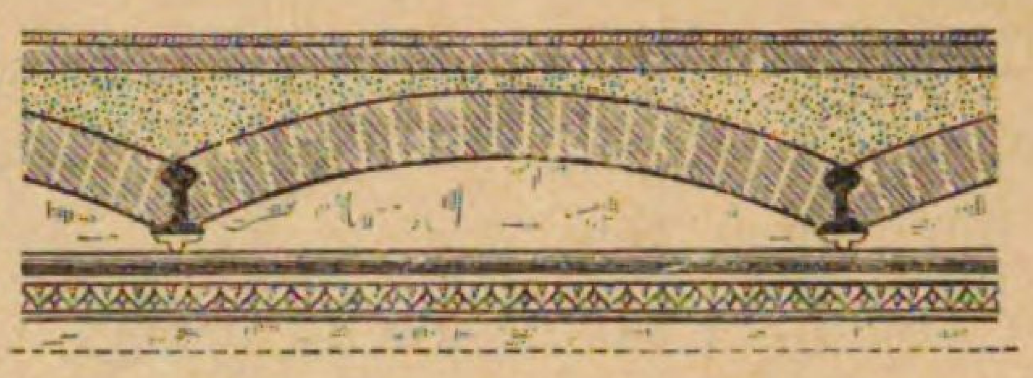


Fig. 659.



$$W = \frac{Pl}{8k} = \frac{2940 \cdot 280}{8 \cdot 800} = 129 \text{ Centim.-Kilogramm.}$$

Nach Tabelle VIII, S. 83 *ist das Widerstandsmoment der stärksten Eisenbahnschiene* = 140, *diese musste hiernach also angewendet werden. Jedes Auflager erhält einen Druck von* $^{2940}/_2$ = 1470 *Kilogr.; wird dasselbe in Kalkmörtel ausgeführt, so darf es nur mit ca.* 6 *Kilogr. pro* □*Centim. gedrückt werden; es sind demnach* $^{1470}/_6$ = 245 □*Centim. Flächeninhalt für jedes Auflager nöthig. Beträgt die Breite der Schienenbasis* 10 *Centim., so müssten die eingemauerten Enden ca.* 25 *Centim. lang sein.*

Wenn die Kappen zwischen **I**-Trägern nur die Decke zu tragen haben, indem die Schwellhölzer des Fussbodens auf den Trägern liegen, macht man dieselben auch wohl nur $^1/_4$ Stein stark, doch müssen dann gute Steine in Cementmörtel angewendet werden; als Totalbelastung kann man bei solchen Decken pro □Meter ca. 530 Kilogr. annehmen.

Sehr zweckmässig sind die Hohlziegel (Fig. 237, S. 129) zur Ausführung der Kappengewölbe zwischen gewalzten **I**-Trägern; diese Kappen werden ca. um $^1/_3$ leichter als solche aus vollen Ziegeln.

Für Räume von grosser Weite muss man entweder sehr starke Träger anwenden, oder man kann dieselben durch Säulen unterstützen; ein Fall, wo die Träger durch Säulen unterstützt werden, ist in Fig. 235 S. 128 dargestellt.

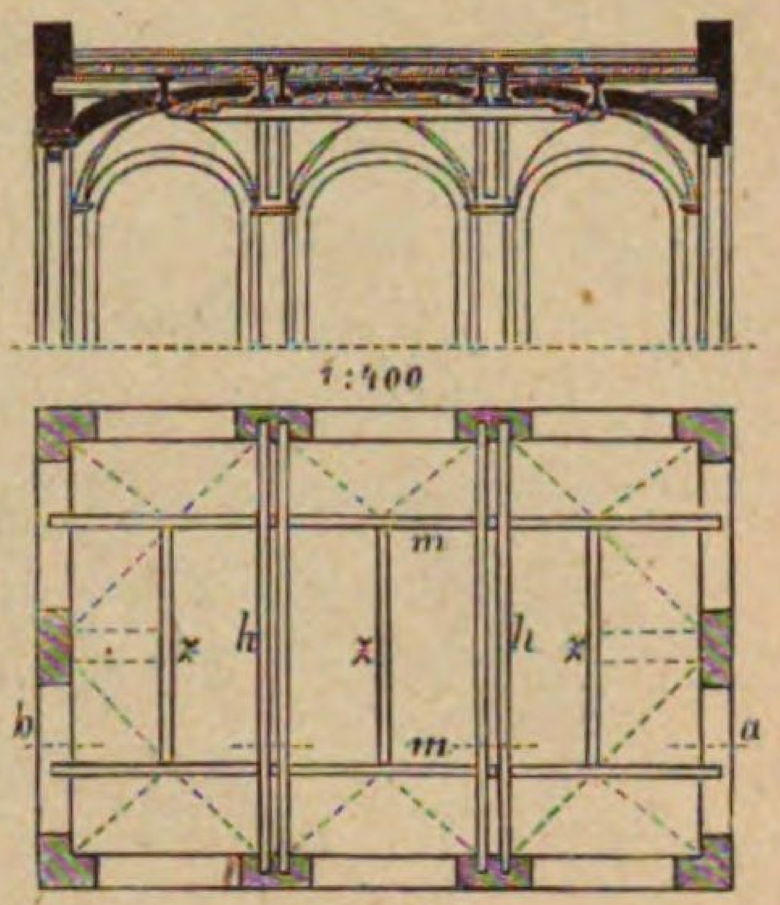
Böhmische Kappen werden in der Regel bei grösseren Räumen nur zwischen Gurtbogen eingespannt, wie in Fig. 240, S. 130. Die Gurtbogen erhalten, wenn sie bis 2,8 Meter von einander entfernt sind, eine Breite von 1, $1^1/_2$ bis 2 Stein, je nachdem sie belastet oder nicht belastet sind. Dienen Gurtbogen nur als Widerlager für Kappen, so genügt $^1/_8$ Pfeilhöhe, im andern Falle nimmt man $^1/_3$ bis $^1/_6$. Je nach der Belastung und Pfeilhöhe giebt man dem Gurtbogen bis 2 Meter Spannweite eine Scheitelstärke von 1 bis $1^1/_2$ Stein, von 2,0 bis 3,5 Meter Spannweite $1^1/_2$ bis 2 Stein, von 3,5 bis 6,0 Meter Spannweite 2 bis $2^1/_2$ Stein und von 6,0 bis 8,5 Meter Spannweite $2^1/_2$ bis 3 Stein. Die Widerlagstärke der Gurtbogen nimmt man = $^1/_3$ bis $^1/_5$ der Spannweite je nach der Belastung des Widerlagers. Die böhmischen Kappen erhalten bis 5,0 Meter Spannweite $^1/_2$ Stein Stärke, wenn die Pfeilhöhe $^1/_{10}$ der Diagonalen beträgt, und eine Widerlagstärke von $^1/_4$ bis $^1/_5$ der Spannweite jedoch nie unter $2^1/_2$ Stein.

Kreuzgewölbe erhalten bis 6 Meter Spannweite $^1/_2$ Stein starke Kappen und 1 Stein starke Grate. Bis 9,5 Meter Spannweite beträgt die Stärke der Kappen $^1/_2$ Stein im Scheitel, 1 Stein am Kämpfer; die Stärke der Grate 1 Stein im Scheitel, $1^1/_2$ Stein am Kämpfer. Bis 18 Meter Spannweite ist die Kappenstärke im Scheitel 1 Stein, am Kämpfer $1^1/_2$ Stein; die Gratstärke im Scheitel $1^1/_2$, am Kämpfer 2 Stein. Für halbkreisförmige Kreuzgewölbe giebt man als Widerlagstärke $^1/_4$ bis $^1/_6$, für spitzbogenförmige $^1/_5$ bis $^1/_7$ der diagonalen Spannweite. Bei mehr als 3 Meter hohen Widerlagern vermehrt man die Stärke um $^1/_{10}$ bis $^1/_8$ der Höhe. Das **Ansteigen** der Kappen wird gewöhnlich = $^1/_{30}$ bis $^1/_{10}$ ihrer Länge angenommen.

Ein **Spiegelgewölbe** zwischen **I**-Trägern ist über dem grossen prächtigen Treppen-Hause des **Hof-Opernhauses** zu Wien ausgeführt. Der Raum hat 13,4 Meter Länge und 9,5 Meter Breite; Fig. 660 giebt den Grundriss desselben, sowie einen Verticalschnitt nach $a-b$. Als Hauptträger dienen je 2 mit einander verbundene Blechträger h, welche

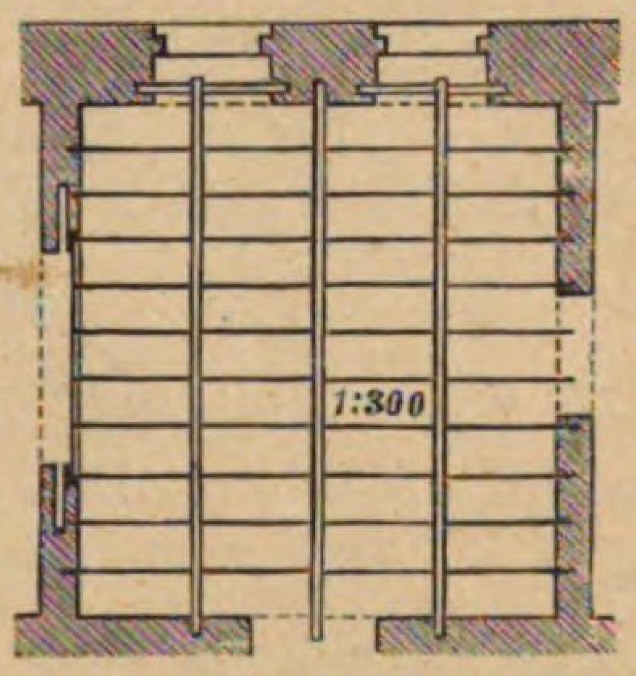
die gewalzten **I**-Träger *m* aufnehmen, zwischen denen andere **I**-Eisen *z* befestigt sind. Jeder einzelne Hauptträger *h* hat etwa $^1/_6$ der ganzen Deckenlast aufzunehmen. Zur Einwölbung der Kappen sind Hohlziegel verwendet, die 3 verschiedene Dicken haben, damit die 4 mittleren, die Spiegelfläche bildenden Kappen, eine sehr geringe Pfeilhöhe erhalten konnten.

Fig. 660.



In der Villa **Krupp** bei Essen sind sämmtliche Decken fast scheitrecht zwischen **I**- und ⊥-Eisen eingewölbt, indem die Kappen nur 1 bis 2 Centim. Pfeilhöhe erhalten haben. Fig. 661 giebt den Grundriss eines Raumes aus diesem Gebäude, welcher 8,2 Meter tief und 7,4 Meter breit ist. Nach der Tiefe sind drei Blechträger über den Raum gelegt, die oberhalb der Fensteröffnungen auf Querträgern ruhen. Zwischen den Trägern, auf der untern Gurtung, liegen einfache ⊥-Eisen, welche als Widerlager für die kleinen Kappen dienen. Die Länge einer Kappe ist 7,4/4 = 1,85 Meter, die Spannweite 8,2/11 = 0,745 Meter, daher der Flächeninhalt 1,85 · 0,745 = 1,38 □Meter. Rechnet man pro □Meter eine Totalbelastung von 750 Kilogr., so erhält jedes ⊥-Eisen eine gleichmässig vertheilte Last *P* von 750 · 1,38 = *rot.* 1040 Kilogr.; es erfordert demnach ein Widerstandsmoment von:

Fig. 661.



$$W = \frac{Pl}{8 \cdot k} = \frac{1040 \cdot 185}{8 \cdot 1000} = 24 \text{ Centim.-Kilogramm},$$

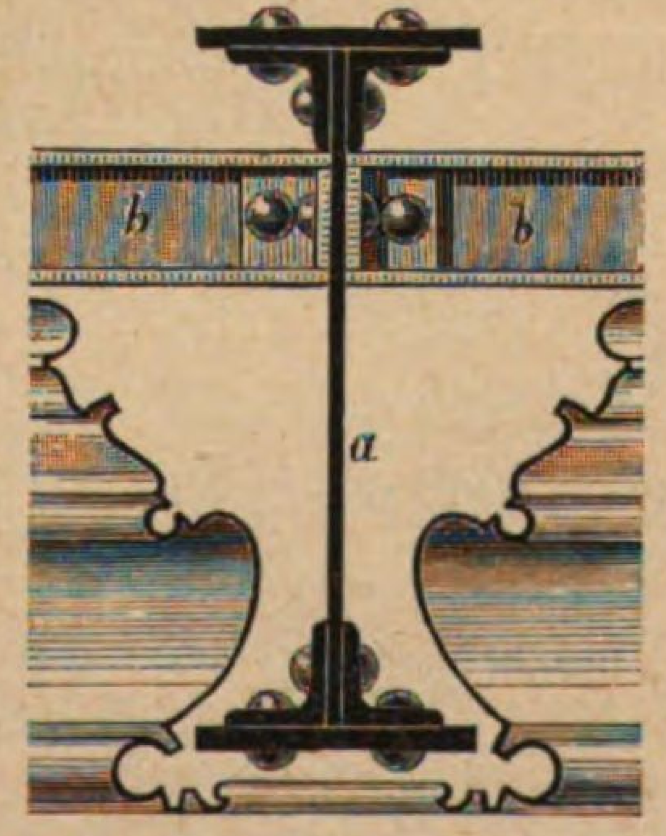
wenn man 1000 Kilogr. pro □Centim. als zulässig annimmt. Das ⊥-Eisen ist leider bis jetzt nicht für alle Fälle passend zu haben, es musste desshalb ein etwas stärkeres Profil gewählt werden, welches 13 Centim. Höhe, 9 Centim. Flantschbreite und ein Gewicht von 15 Kilogr. pro lfd. Meter hatte; dessen Widerstandsmoment ist etwa = 30 Centim.-Kilogr., also reichlich stark. An den Enden sind die ⊥-Eisen soviel durchgeköpft, dass die Unterkanten der Blechträger in einer Ebene liegen; sämmtliche ⊥-Eisen des Raumes Fig. 661 haben ein Gewicht von 1120 Kilogramm.

Die Kappen wurden aus sehr leichten, porösen sog. »Schwemmsteinen« von Neuwied am Rhein in Kalk-Cementmörtel, 13 Centim. stark, eingewölbt, und zwar nur mit 1, höchstens 2 Centim. Pfeilhöhe, wobei das Lehrgerüst mittelst Hakenschrauben unter den **T**-Eisen aufgehängt war. Nach der Vollendung sind die Kappen noch mit einem dünnen Cementmörtel übergossen, damit alle Fugen gehörig ausgefüllt waren; und haben die Kappen nach der vollständigen Erhärtung des Mörtels eine grosse Festigkeit erlangt. Zum Verputzen der ⊥-Eisen ist lackirtes Drahtnetz verwendet, welches in Streifen von passender Breite aus ca. 1 Millim. starkem Eisendraht mit 1 Centim. weiten quadratischen Maschen gewebt war, dasselbe kostete pro □Meter ca. 1 Mark. Dieses Netz ist nach Fig. 662 um die ⊥-Eisen und Träger lose herumgebogen, bevor die Kappen eingewölbt wurden, es wird daher bei *a* von den Kappen festgehalten; da das Netz unten etwas von den Balken absteht, so kann sich der Putz sehr gut hinter dem Netze halten. Bei dem genannten Bau hat sich diese Methode gut bewährt und kann auch in Bezug auf Billigkeit empfohlen werden. Wenn die Decke eines grossen Raumes sehr hohe Träger erfordert, so bringt man oft Zwischenträger derartig an, dass ein Theil der Hauptträger unter der Decke vortritt, dass die Hauptträger also direct als Träger der Decke zur Erscheinung kommen. In diesem Falle muss die Decke durch die Hauptträger in regelmässige Felder eingetheilt werden, wobei die Hauptfelder wieder in kleinere Felder eingetheilt sein können. An den Kreuzpunkten der Hauptträger stellt man die

Fig. 662.



Fig. 663.

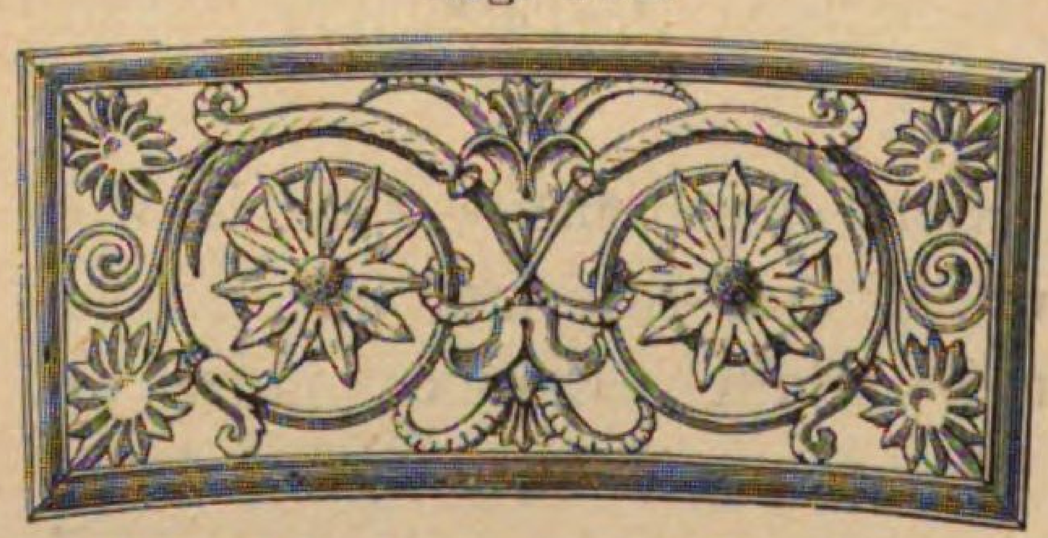


Säulen auf, wenn solche für einen Raum bedingt werden. In Fig. 663 ist *a* der Hauptträger und *b* sind die an demselben befestigten Zwischenträger, welche die Decke des Raumes zwischen sich aufnehmen. Damit nun der Uebergang des Trägers in die Decke einen architektonisch befriedigenden Eindruck macht, erfordern die Träger eine Gliederung, wodurch ihre Function als Architrav oder Träger versinnlicht wird. Solche Umrahmungen werden, wenn man Holz vermeiden will, entweder aus Gyps, oder in neuerer Zeit vielfach aus Zinkblech hergestellt, da sich das letztere mit Leichtigkeit durch passende Profilformen ziehen lässt. Die Umkleidung des Trägers Fig. 663 ist aus Zinkblech ausgeführt, ebenso auch die Profile Fig. 12 und 13, **Blatt 13.**

Eine der schönsten und grossartigsten Decken der neueren Zeit wurde von dem Herrn Geh. Baurath **F. Hitzig** in der von ihm erbauten **neuen Börse***) zu Berlin ausgeführt; dieselbe ist in Fig. 1 bis 10, **Blatt 13** dargestellt. Die 26,7 Meter langen Sichelträger haben sowohl die Decke, wie auch das mit Zinkwellblech eingedeckte Dach zu tragen; jeder derselben hat ein Eigengewicht von 4900 Kilogr., und eine Belastung bis zu 36000 Kilogr. aufzunehmen. Angefertigt wurde die Eisenconstruction dieser Decke in der **Borsig**'schen Maschinenbau-Anstalt und sind die Sichelträger in 2 Hälften aufgezogen, zusammengenietet und dann auf das Mauerwerk herabgelassen. Beim Aufbringen der Belastung betrug die grösste Bewegung der Träger in den einseitigen Rollen der Stützpunkte höchstens 5 Millim., später hat die wechselnde Temperatur keine messbare Bewegung des Eisenwerks weiter hervorgerufen.

Die obere Gurtung der Träger besteht aus 2 Winkeleisen mit einer darüber gelegten Lamelle, die untere aus 2 Flacheisen. Ausgesteift wird die obere Gurtung durch hölzerne Längsträger, worauf das Dachwerk ruht, sowie durch die in Fig. 2 angedeuteten Diagonalen. Die reich decorirten Rippen, welche als eigentliche Träger der Decke zur Erscheinung kommen, sind an den radial gestellten Flacheisen *s* der Sichelträger mittelst durchgesteckter Bolzen aufgehängt, wie dies aus dem Schnitte nach *l*—*m* Fig. 10 zu ersehen ist. Jede Rippe ist mit 14 Stück Füllungen aus Zinkguss decorirt, deren schönes Detail Fig. 664 wiedergiebt. Die 15 Stück Querträger zwischen den Sichelträgern bestehen aus Gusseisen, ihre Verbindung mit den Sichelträgern ist aus Fig. 8, 9 und 10 zu ersehen. Auf diesen Trägern liegen die 532 Stück Cassetten, welche die Decke bilden; jede derselben hat ca. 3 □Meter Fläche und ist mit allen Ornamenten und ihrer Rosette massiv in einem Stücke 52 Millim. stark aus Gyps gegossen. Durch die grosse Länge des Börsensaales wiederholt sich dasselbe Motiv der Deckenbildung sehr oft, mehrere energischere Abtheilungen würden vielleicht noch die Wirkung dieser schönen Decke erhöht haben.

Fig. 664.



Ursprünglich wurde eine Beleuchtung des Saales durch Oberlicht beabsichtigt, doch gab man diese Anordnung aus constructiven und ästhetischen Gründen auf, indem die von dem Oberlichte störend durchbrochene Decke dem Saale den Eindruck eines geschlossenen Raumes genommen hätte. Das hinreichende Licht erhält der Saal durch 36 halbkreisförmige Fenster oberhalb des Kranzgesimses, in der rechten Hälfte der Fig. 1 angedeutet, sowie durch 13 grosse Fenster und ebensoviele Fensterthüren; die halbkreisförmigen Fenster erhalten ihr Licht durch grosse seitlich angebrachte Dachfenster.

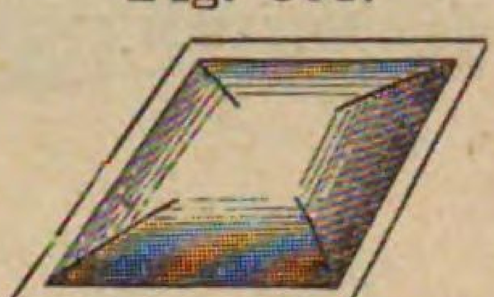
Dachrinnen und Gesimsabdeckungen wurden aus Kupferblech ausgeführt, weil dieses Material den Anforderungen der grossen Dauerhaftigkeit am meisten zu entsprechen schien, obgleich dasselbe etwa den 4fachen Preis des Zinkbleches hat.

*) Publicirt ist dieses Gebäude in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1866. S. 146.

§. 101. Decken aus Buckelplatten oder gebogenem Bleche zwischen gewalzten Trägern.

Sogenannte **Buckelplatten**, zuerst von dem Ingen. **Robert Mallet** in London angewendet und demselben patentirt, sind quadratische oder rechteckige Blechplatten, die in der Regel ringsherum einen schmalen ebenen Rand behufs Auflagerung und Befestigung haben, während sie nach der Mitte zu, ähnlich wie ein Klostergewölbe geformt sind, wie dies Fig. 665 andeutet. Ihre Tragfähigkeit ist nur wenig geringer wenn die Platten mit der hohlen Seite nach oben gelegt werden; in diesem Falle wird das Material auf Zug, im entgegengesetzten Falle dagegen auf Druck beansprucht. Nach Versuchen von Mallet leistet eine ringsum mit den Trägern vernietete Platte den doppelten Widerstand, als wenn sie mit den Rändern lose aufliegt und ist die Tragfähigkeit ziemlich dieselbe, ob die Belastung auf dem Scheitel concentrirt oder auf der ganzen Platte gleichförmig vertheilt liegt. Erhalten zwei gegenüberliegende Seiten keine Unterstützung, so vermindert sich die Tragfähigkeit der Platten im Verhältniss von 8 : 5.

Fig. 665.



In Deutschland werden Buckelplatten namentlich von der **Dillinger Hütte** zu Dillingen an der Saar, in Blechdicken von 6 bis 10 Millim. ausgeführt und zwar in den Dimensionen, welche in der folgenden Tabelle angegeben sind, wobei L die ganze Länge, B die ganze Breite der Platte, b die Breite des geraden Randes und h die Pfeilhöhe des Buckels in Millim. bezeichnet. Der Ueberpreis (vergl. S. 84) für die Buckelplatten beträgt bei dem

No.	L	B	b	h	Gewicht pro Stück in Kilogr. bei einer Blechstärke von Millimeter:								
					6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
1	1490	1490	78	130	104	112	122	130	139	148	157	166	174
2	1140	1140	40	85	61	66	71	76	81	86	91	96	101
3	1098	1098	40	75	57	61	66	71	76	81	85	90	94
4	1098	1098	78	78	57	61	66	71	76	81	85	90	94
5	1000	1000	60	72	47	51	55	59	63	67	71	74	78
6	750	750	60	45	27	29	31	33	35	37	40	42	44
7	500	500	60	27	12	13	14	15	16	17	18	19	20
8	1630	1270	80	130	97	105	113	122	130	138	146	154	162
9	1100	770	55	80	40	43	46	49	53	57	60	63	67
10	1265	1265	80	100	75	81	88	94	100	107	113	119	125
11	1310	1000	50	104	62	67	72	77	82	87	92	97	102
12	700	700	70	45	23	25	27	29	31	33	35	37	39
13	700	660	50 (70)	45	21	23	25	27	29	31	33	35	37
14	1180	1100	60	75	61	66	71	76	81	86	91	96	101
15	1560	1545	52 (60)	118	113	123	132	141	151	160	169	180	188

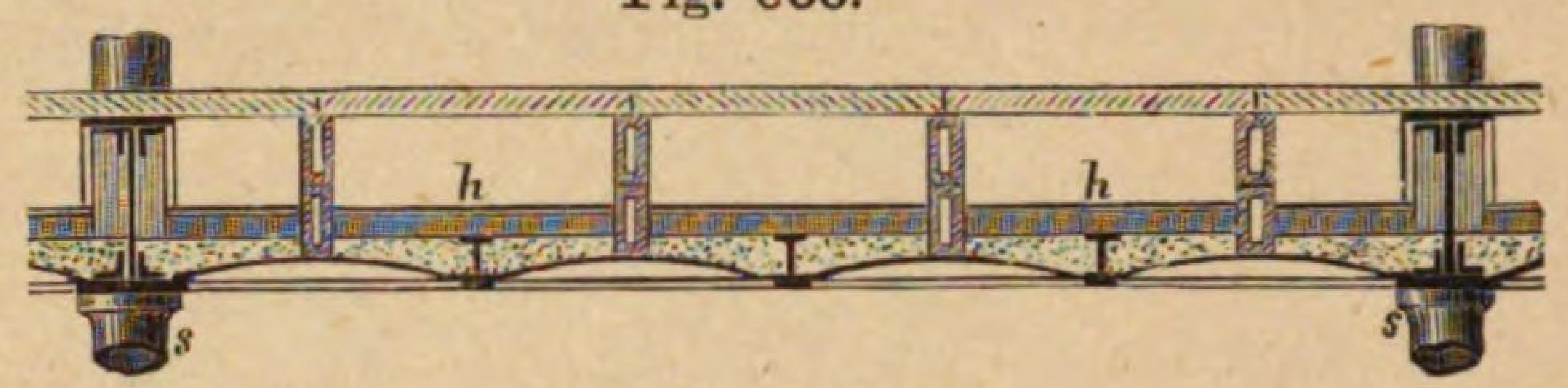
gewöhnlichen Bestpuddlings-Blech (BP) pro 1000 Kilogr. ca. 96 Mark. Die stärkeren Bleche werden als Belag von Eisenbahnviaducten und Strassenbrücken, zu Uferbefestigungen, zu bombensicheren Geschützständen etc. verwendet. Für feuersichere Decken eignen sich am zweckmässigsten Blechstärken von $1\frac{1}{2}$ bis 5 Millim. und quadratische Buckelplatten von 0,9 bis 1,0 Meter Seitenlänge. Die folgende Tabelle giebt, auf Grund der Mallet'schen Versuche, die zulässige Belastung, welche 1 □ Meter Eisenconstruction, bei quadratischen Buckelplatten von 91 Centim. Seite die ringsum auf Trägern aufgenietet sind, mit Sicherheit tragen kann. Bei den angegebenen Preisen sind 264 Mark pro 1000 Kilogr. Platten zu Grunde gelegt.

No.	Blechdicke in Millim.	Belastung in Kilogr.	Gewicht p. □ Meter in Kilogr.	Preis p. □ Meter in Mark.
1	1,2	330	9,4	2,6
2	1,7	520	12,8	3,4
3	2,7	770	21,1	5,6
4	3,2	1220	24,5	6,4
5	4,8	3040	36,7	9,6
6	6,4	5480	49,0	12,8
7	7,9	7510	61,2	16,0
8	9,5	10920	73,5	19,0

In den meisten Fällen dürften sich gewölbte Decken billiger stellen, als solche aus Buckelplatten, doch können die letzteren unter Umständen auch bei Deckenbildungen gute Dienste lei-

sten, wie z. B. in dem S. 249 erwähnten Falle. Eine Decke aus Buckelplatten zeigt Fig. 666 im Querschnitte. Die Säulen *s* tragen die aus Blech und Winkeleisen construirten Hauptträger, welche die Querträger *h* aufnehmen, an denen wieder kleinere I-Träger befestigt sind. Auf den unteren Flantschen dieses Trägergerippes finden die Buckelplatten ihr Auflager und können dieselben entweder lose aufliegen, oder mit den Flantschen der Träger vernietet sein, wodurch ihre Tragfähigkeit verdoppelt wird. Auf den Buckelplatten sind kleine Mauern aus Hohlziegeln zur Unterstützung des Fussbodens aufgeführt und ist zwischen denselben eine dünne Lage Beton ausgebreitet, um die Hellhörigkeit zu vermindern. Die hohlen Räume können zum Einlegen von Heizröhren, zur Ventilation etc. benutzt werden.

Fig. 666.



Anstatt der Buckelplatten sind auch öfter in Kappenform gebogene Bleche zu Deckenconstructionen angewendet, die ebenfalls auf die unteren Flantschen der I-Träger gelegt werden und zur Vergrösserung der Tragfähigkeit darauf festgenietet sein können; der Querschnitt einer solchen Decke ist in Fig. 667 angedeutet. Giesst man auf das Blechgewölbe eine genügend hohe Betonlage, so kann man der Decke jedenfalls eine für alle Fälle hinreichende Tragfähigkeit geben. Der Verfasser dieses hat solche Decken mehrfach aus starkem Zinkbleche hergestellt, wodurch er den Vortheil erreichte, dass die untere Fläche, die eigentliche Decke, nicht verputzt zu werden brauchte, sondern direct beliebig gemalt werden konnte. Auch in Bezug auf Billigkeit und Dauerhaftigkeit können derartige Decken empfohlen werden.

Fig. 667.



Für solche Fälle, wo unter einer Decke grosse Massen brennbarer Stoffe, wie Holz, Kohlen, Petroleum etc. aufgehäuft lagern, sind alle vorstehend erwähnten Decken **nicht** feuersicher, indem die eisernen Träger sich durchbiegen, wenn sie glühend werden, wodurch der Einsturz der Decke herbeigeführt werden kann. Der Architekt **Wichcord** in London hat, nach der im Hüttenbetriebe gemachten Erfahrung, dass eine verhältnissmässig dünne Schicht feuerfesten Thones (Chamotte) hinreicht, um die Blechwände eines Schmelzofens vor der stärksten Glühhitze zu schützen, die schmiedeeisernen Deckenbalken mit Formsteinen aus feuerfestem Thon vollständig umschlossen. Diese Formsteine haben ein solches Profil, dass sie oben eine passende Widerlagsform für die Gewölbe bilden; sie erfüllen somit einen doppelten Zweck, da die Flantschen der I-Träger als Widerlager keine günstige Form haben. Angestellte Versuche erwiesen derartige Decken absolut feuersicher.

Will man eine derartige Umhüllung der I-Träger nicht anwenden, so dürften die Decken und deren Stützen über feuergefährlichen Räumen am sichersten aus guten Ziegeln construirt werden, wobei die Verwendung von Hohlziegeln zu vermeiden ist, da diese sich auch nicht feuersicher gezeigt haben.

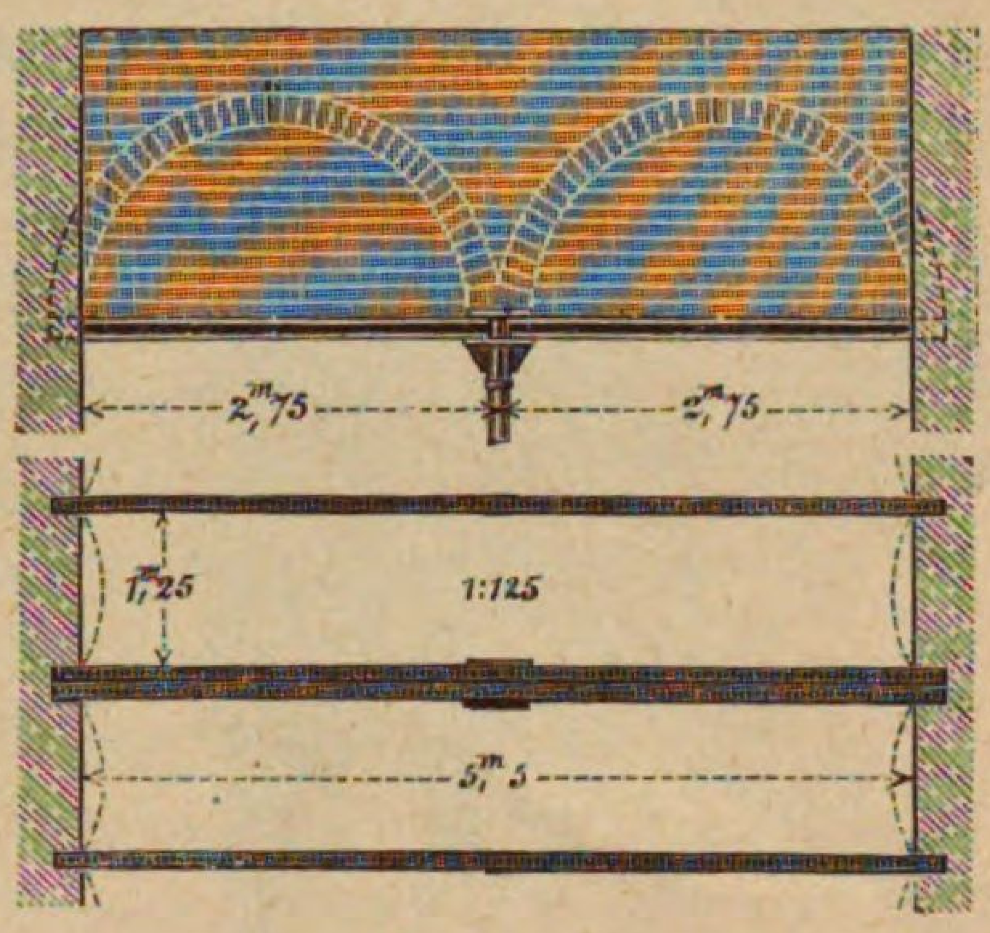
§. 102. Unterstützung der oberhalb einer Decke oder Schaufensteröffnung aufzuführenden massiven Mauern.

Sollen oberhalb einer Decke massive Mauern aufgeführt werden, so müssen dieselben solide unterstützt sein. Diese Unterstützung geschieht in der Regel am zweckmässigsten durch gewalzte I-Träger, oder bei schweren Mauern und grossen Spannweiten durch Blech- oder Gitterträger. Gusseiserne Träger sollte man zu diesem Zwecke nie anwenden, da dieselben nicht zuverlässig sind, indem sie beim Erstarren nach dem Gusse durch un-

gleichmässige Abkühlung oft feine Risse erhalten, welche zum Bruche der Träger Veranlassung geben.

In der Ansicht und in dem Grundrisse Fig. 668 wird die Mauer von einer Säule unterstützt, auf der 2 paar Träger liegen. Damit diese Träger zu der Last des Deckengewölbes nicht auch noch die ganze Last der Mauer aufzunehmen haben, sind 2 halbkreisförmige **Entlastungsbögen** ausgeführt, die das Gewicht der Mauer aufnehmen und dasselbe zur Hälfte auf die mittlere Säule, zur anderen Hälfte aber auf die beiden Seitenmauern übertragen; die Träger haben in diesem Falle also nur das Mauerwerk, welches unterhalb der Bögen vorhanden ist, aufzunehmen. Hiernach muss die Tragfähigkeit der Säule und das Widerstandsmoment der Träger bestimmt werden.

Fig. 668.



Würden die beiden Träger von einer Seitenmauer zur andern in einer Länge durchlaufen, so fände die Lastvertheilung nach Fig. 60 (S. 47) statt, wenn die Entlastungsbögen nicht vorhanden wären.

Zur Ermittelung des Gewichtes der Mauern kann man für Mauerwerk aus vollen Ziegeln 1600 Kilogr., für Mauerwerk aus Hohlziegeln und aus porösen Steinen 950 Kilogr. und für Mauerwerk aus Kalkstein oder Sandstein 2300 Kilogr. pro Cubikmeter in Rechnung stellen.

Beispiel. *Eine von* 2 *Trägern getragene Mauer aus vollen Ziegeln von* 1 *Stein* = 25 *Centim. Stärke soll nach Fig.* 668 *über einen* 5,5 *Meter weiten Raum durch* 3 *Stockwerke von zusammen* 14 *Meter Höhe aufgeführt werden, jedoch sollen die Träger von einer Seitenmauer zur andern frei liegen und die ganze Last der Mauer aufnehmen.*

Man setzt hier gewöhnlich, der Sicherheit wegen, den ungünstigsten Fall der Belastung voraus, nämlich, dass die getragene Mauer in gar keinem Zusammenhange mit den tragenden Seitenmauern steht. Ist die Mauer im Blockverbande ausgeführt, so hat diese Annahme auch nahezu ihre Richtigkeit; bei dem Kreuzverbande aber tragen die Seitenmauern durch die treppenförmigen Auskragungen der Steine den grössten Theil der Mauer, so dass die unterstützenden Träger nur die Last eines dreieckigen Mauerkörpers, der sich unter den Auskragungen des Steinverbandes bildet, aufzunehmen haben, aber auch hierbei pflegt man die ganze Mauer oberhalb des Trägers als auf demselben ruhend anzunehmen. In dem vorliegenden Falle ist der cubische Inhalt und das Gewicht der von den Trägern getragenen Mauer:

$$0{,}25 \times 5{,}5 \times 14 = 19{,}25 \text{ Cubikmeter à } 1600 \text{ Kilogr.} = 30800 \text{ Kilogr.}$$

Jeder Träger hat demnach eine gleichmässig vertheilte Last P = 15400 *Kilogr. zu tragen; wird nun angenommen, dass die Träger mit ihren Enden in den Seitenmauern frei aufliegen, so findet man das erforderliche Widerstandsmoment* W *jedes Trägers nach Formel* (35), *S.* 40. *Für solche ruhende Belastungen kann man eine ziemlich hohe Inanspruchnahme des Schmiedeeisens zulassen, etwa* 1200 *Kilogr. pro* □ *Centim., dann ergiebt sich:*

$$W = \frac{Pl}{8K} = \frac{15400 \cdot 550}{8 \cdot 1200} = 882 \text{ Centim. — Kilogramm.}$$

Nach Tabelle X, S. 323 *ergeben sich gewalzte* **I**-*Träger von* 32 *Centim. Höhe und* 13,8 *Centim. Flantschenbreite, im Gewichte von ca.* 74 *Kilogr. pro lfd. Meter. Es ist öconomisch vortheilhafter in dem unteren Geschosse starke Träger und nicht für die einzelnen Stockwerke schwächere Träger anzuwenden; auch dürfte für den vorliegenden Fall ein Gitterträger von grösserer Höhe den beiden gewalzten Trägern vorzuziehen sein.*

Kommen Thüröffnungen in der getragenen Mauer vor, so sind dieselben natürlich von der Mauermasse abzuziehen; wird die getragene Mauer dagegen von Balkenlagen etc. belastet, so ist diese Last zu dem Gewichte der Mauer zu addiren.

Sehr häufig werden die Frontmauern zu ebener Erde für die Anlage von Schaufenstern mit grossen Durchbrechungen ausgeführt, die wegen Mangel an Höhe meistens eine horizontale Abdeckung erhalten. Der Mauerkörper oberhalb solcher Oeffnungen wird dann von eisernen Trägern getragen, die von Säulen unterstützt sein können. Früher verwendete man zu diesem Zwecke meistens gusseiserne Träger, deren Construction auf S. 38 angegeben ist; weil aber das Gusseisen nicht mit vollkommener Sicherheit berechnet werden kann und oft Unglücksfälle durch den Bruch der Balken vorgekommen sind, so hat man in neuerer Zeit von deren Anwendung ganz Abstand genommen. In Fig. 669 ist der Querschnitt durch die gusseisernen Träger über einer Schaufensteröffnung dargestellt; der innere Träger, der die Balkenlage aufnimmt, ist tiefer gelegt als der äussere, damit die Räume oberhalb des Ladens eine grössere Höhe erhalten. Beide Träger sind durch eine **Z**-förmige Lasche miteinander verbunden und ruht diese Lasche auf den Köpfen der Säulen. Für die Auflagerung des Mauerwerkes ist die Form der gusseisernen Träger durchaus ungünstig, und schon aus diesem Grunde verdienen die gewalzten Träger den Vorzug.

Fig. 669.

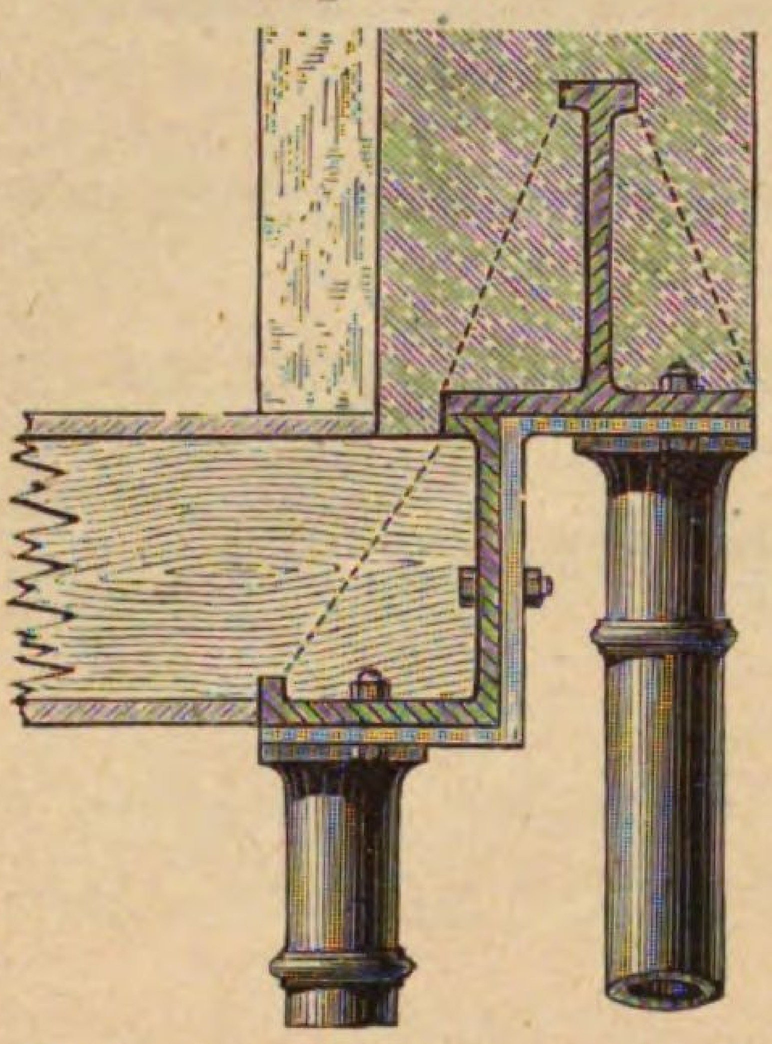
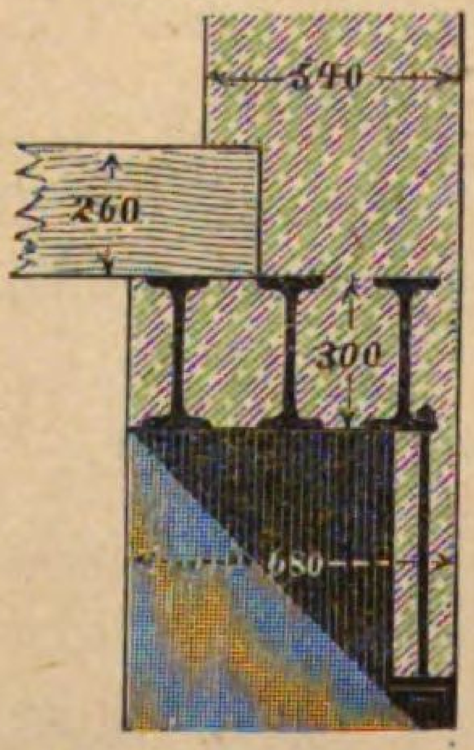


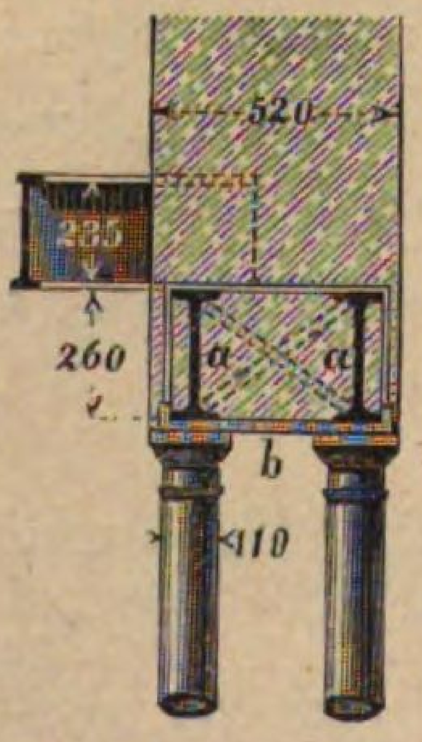
Fig. 670 zeigt den Querschnitt der **I**-Träger über ein Schaufenster mit **einer** Oeffnung; hierbei sind 3 Träger angewendet, wovon der eine besonders die Balkenlage zu tragen hat. Bei Ueberdeckung der Schaufenster wird gewöhnlich die Herstellung eines **Jalousiekastens** von 35 bis 50 Centim. Höhe erforderlich. Zu diesem Zwecke hängt man nach Fig. 670 mittelst Bolzen eine Schiene aus Flacheisen an den unteren Flantsch des äusseren Trägers, worauf dann der $\frac{1}{2}$ Stein starke Anschlag scheitrecht eingewölbt wird; solider ist es aber, wenn man unter den Anschlag einen schwächeren **I**-Träger legt, der nur den Anschlag zu tragen hat, und hierauf die Ziegel in gewöhnlichem Läuferverbande aufmauert. Wenn es erforderlich wird, kann der **I**-Träger, worauf die Balkenlage ruht, auch tiefer gelegt werden, so dass er in den Jalousiekasten hineinragt, oder man kann die Balken auf den unteren Flantsch des **I**-Trägers legen; in diesem letzteren Falle müssen aber die Balken durch Anker oder Winkellaschen mit dem Träger verbunden werden.

Fig. 670.



In **Paris**, wo die Rolljalousien als Schaufensterverschluss weniger gebräuchlich sind, werden zum Tragen des Frontmauerwerks über Schaufensteröffnungen meistens 2 **I**-Träger angewendet, zu deren Unterstützung 2 hintereinander aufgestellte Säulen dienen; diese Anordnung ist in Fig. 671 im Querschnitte angedeutet. Um die Seitensteifigkeit der **I**-Träger zu vergrössern, werden dieselben in der Weise miteinander verbunden, dass in etwa 1 Meter Abstand zusammengeschweisste gleichmässig weite Bänder aus 1 × 4 Centim. starkem Flacheisen um die beiden Träger *a* gelegt werden. Zur Anspannung der Bänder treibt man Kreuzstreben aus ca. 2 Centim. starkem Quadrateisen nach Fig. 671 zwischen die Träger, wodurch dieselben dann weder nach innen noch aussen ausbiegen können. Der Raum zwischen den Trägern wird ausgemauert, wobei man oftmals eichene Bohlstücke auf die unteren Trägerflantschen legt, um daran die Decke des Schaufensterraumes leicht befestigen zu können. Auf den Kopfplatten der beiden Säulen wird eine schmiedeeiserne Querplatte *b* befestigt, die an beiden Enden etwas umgekröpft ist, so dass diese Aufbiegungen sich fest an die Flantschen der **I**-Träger legen, wodurch die Säulen in der richtigen Distanz von einander und in der verticalen Stellung festgehalten werden. Die eiserne Balkenlage legt man entweder

Fig. 671.



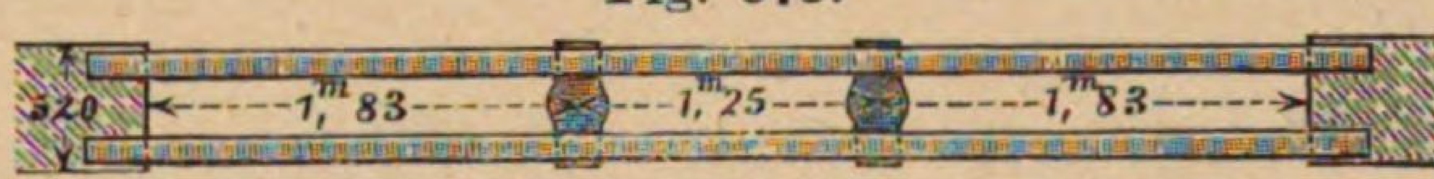
auf den inneren **I**-Träger, oder man befestigt sie mittelst Winkellaschen an dem Steg desselben.

Wenn über dem Ladenraum ein **Entresol** angeordnet wird, lässt man die Säulen meistens in einer Länge bis zur Hauptetage durchreichen, und dann werden, wie in Fig. 672, nur einzelnstehende Säulen angewendet. An dieser Säule sind in entsprechender Höhe 2 Consolen *c* angegossen, worauf 2 **I**-Träger zur Aufnahme der ersten Balkenlage *d* ruhen. Wegen der grossen Länge muss der Schaft solcher Säulen **voll** gegossen werden, was eine erhebliche Eisenverschwendung zur Folge hat, denn eine derartige Säule von 18 Centim. obern, 21 Centim. untern Durchmesser und ca. 6,2 Meter Länge wiegt 1500 bis 1600 Kilogr., während sie von etwas grösserem Durchmesser hohl gegossen bei derselben Tragfähigkeit nur ca. 600 Kilogr. wiegen würde; in diesem Falle müsste sie aus 2 Längen mit abgedrehten Flächen zusammengesetzt werden. Die beiden Träger zur Unterstützung der Frontmauer liegen auf der Kopfplatte der Säule, an der seitlich kleine Leisten angegossen sind, zwischen welche sich die Flantschen der **I**-Träger legen. Auf dem innern **I**-Träger lagern die eisernen mit dem Mauerwerk verankerten Balken *e* der Hauptetage. Am obern und untern Ende der Säule sind schmiedeeiserne Zapfen von 2 bis 3 Centim. Durchmesser, ca. 10 Centim. vorstehend eingegossen, die in Werkstücke des Mauerwerks eingreifen und mit Cement darin befestigt werden. Den Grundriss zu Fig. 672 giebt Fig. 673.

Fig. 672.



Fig. 673.



Anstatt der Säulen sind zur Unterstützung der Träger über Schaufensteröffnungen auch verschiedenartig geformte durchbrochene gusseiserne Wände zur Ausführung gekommen, die jedoch meistens bei grösserem Gewichte, geringere Tragfähigkeit haben, als runde Säulen oder quadratische Stützen. Die Horizontalschnitte von zweckmässig angeordneten Stützen geben die Fig. 674 bis 677. Zwei hintereinander stehende runde Säulen zeigt Fig. 674, wovon die äussere frei vor dem Schaufenster steht, während die andere von der Holzbekleidung des Schaufensters eingeschlossen wird. Bei Fig. 675 hat die freistehende Säule *a* einen ringförmigen, die hintere Stütze *b* dagegen einen eckigen Querschnitt erhalten, indem hieran der Fensterrahmen befestigt ist. In Fig. 677 ist die Querschnittform der vorderen Säule *c* derartig gestaltet, dass daran der Schaufensterrahmen leicht befestigt werden kann, die hintere Stütze *d* aber hat einen **H**-förmigen Querschnitt, der darum für lange Stützen unzweckmässig ist, weil viel Material nahe an den neutralen liegt und hier bei der Ausbiegung der Stütze wenig Widerstand leistet; ein hohler rechteckiger Querschnitt würde vortheilhafter sein. Die Stütze Fig. 676 besteht aus Walzeisen, nämlich aus einem mittleren Flacheisen mit 4 Stück darangeschraubten **[**-Eisen; sie ist durch 2 Winkellaschen auf einer gusseisernen Unterlagsplatte befestigt. Solche Stützen werden in neuerer Zeit öfter angewendet, denn wenn auch das Schmiedeeisen theurer ist als Gusseisen, so erspart man dafür bei dem ersteren die Modellkosten.

Fig. 674 und 675.

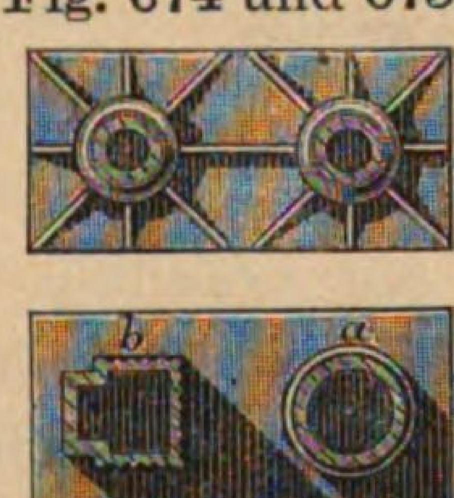
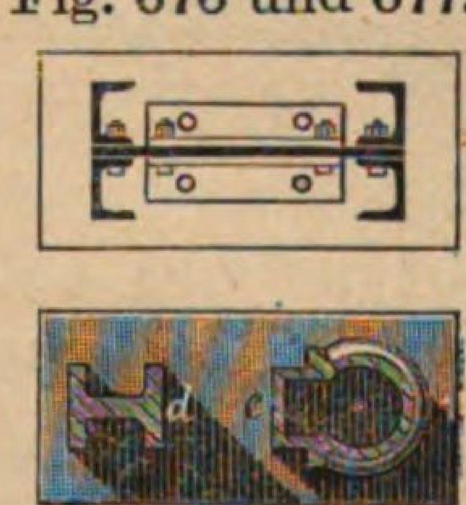


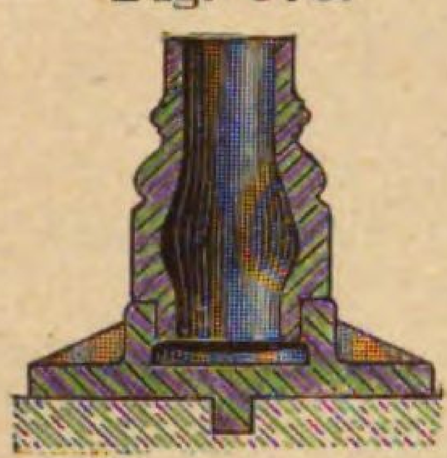
Fig. 676 und 677.



An derartigen Stützen lässt sich der Rahmen und die Holzbekleidung des Fensters leicht befestigen. Will man aber die Zusammensetzung der Stütze durch Nieten, anstatt durch Schrauben bewirken, so müssen die **[**-Eisen, deren Schenkel die Nietarbeit verhindern, durch Winkeleisen ersetzt werden; in Bezug auf Materialersparniss sind die **[**-Eisen jedoch vorzuziehen.

Die Verbindung der gusseisernen Säulen mit den Unterlagsplatten bewirkt man am einfachsten und solidesten nach Fig. 678, wobei die röhrenförmigen Ansätze der Platte ausgedreht, die unteren Zapfen der Säulen aber abgedreht sind, so dass beide Theile gut in- resp. aufeinander passen. Damit die Unterlagsplatte den Druck der Säulen auf eine genügend grosse Fläche des Mauerwerks übertragen kann, muss sie entsprechend gross und durch Rippen verstärkt sein. Diese Rippen werden am besten oberhalb der Platte angebracht, damit die untere Seite eine ebene Fläche bildet; unter Umständen kann man sie aber auch unter der Platte anbringen. Um die Unebenheiten des Mauerwerks auszugleichen, giesst man darauf eine Lage von dünn angerührtem Cement und bettet darin die Platte mit Hülfe der Wasserwaage sorgfältig horizontal ein.

Fig. 678.



Zuweilen werden beide Säulen auf ihrer ganzen Höhe 3- bis 4 mal durch Zwischenlagen miteinander verbunden, wodurch ungleichmässige Belastungen und Erschütterungen der einen Säule mit auf die andere übertragen werden sollen, was aber sicher nur in sehr geringem Grade stattfindet, da die Säulen nach den beiden andern Seiten ausbiegen können; es erscheint rathsam diese Verbindungen wegzulassen und die Säulen so stark zu construiren, dass jede einzelne im schlimmsten Falle die ganze Last tragen kann.

Die Schaufensteröffnungen baut man gewöhnlich in 3 verschiedenen Weisen aus; wenn keine Eingangsthür in der Oeffnung vorhanden ist, stellt man die Säulen in die Mitte derselben, im andern Falle wird die Thür entweder, wie in Fig. 679 einseitig, oder wie in Fig. 680, in der Mitte der Oeffnung angebracht, indem man die Frontmauer zweimal unterstützt. Aus dem Grundrisse zu Fig. 679 wird die Stellung der beiden Säulen ersichtlich. In vielen Fällen ordnet man wie in Fig. 680 über dem Ladenraum ein **Entresol** an, welches durch eine Wendeltreppe vom Laden aus zugängig ist und als Werkstatt, Magazin etc. dient.

Fig. 679.

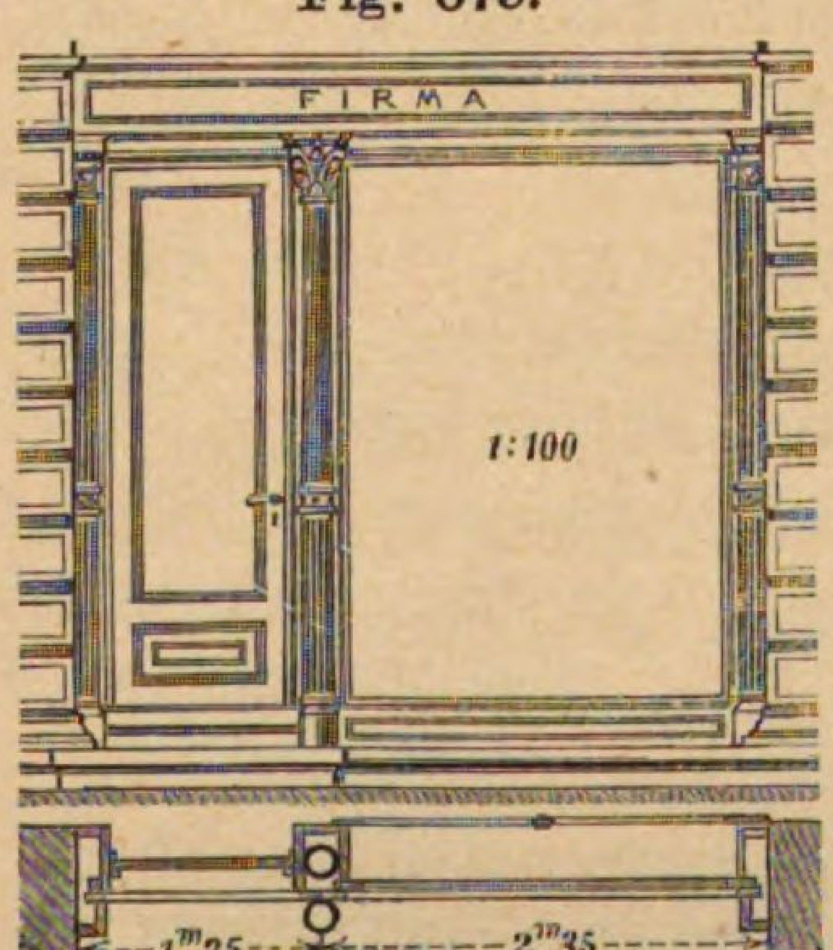
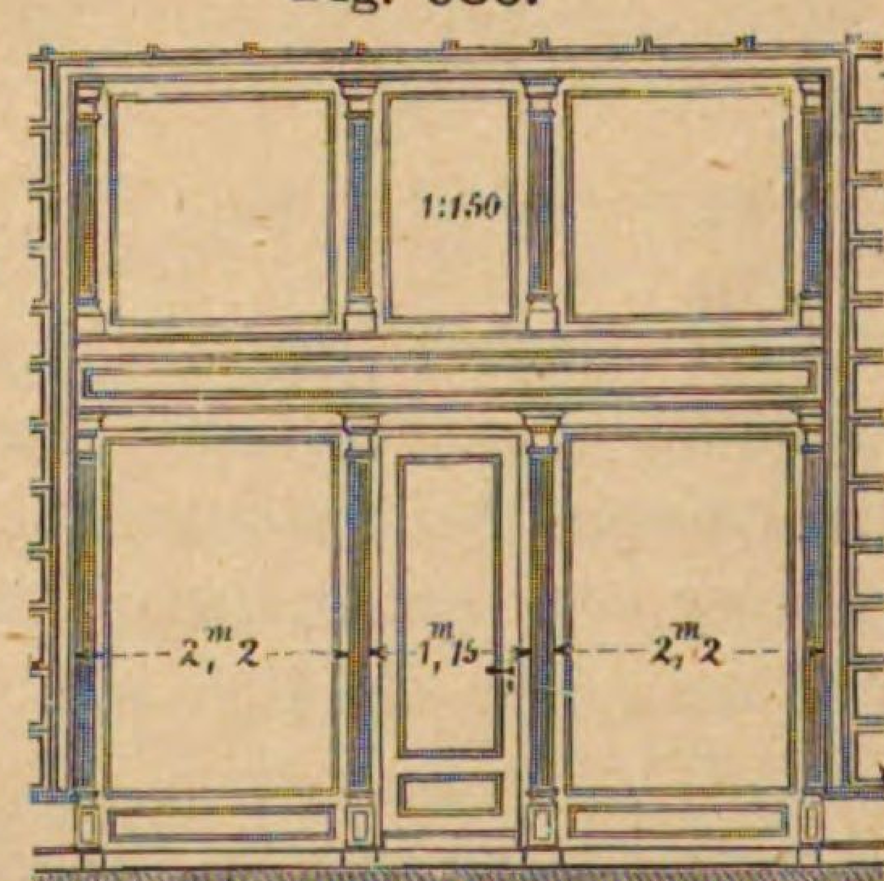


Fig. 680.



Zur Bestimmung der auf den Trägern über einer Schaufensteröffnung ruhenden Last bringt man das nach Abzug der Fensteröffnungen vertical oberhalb der Oeffnung sich befindende Mauerwerk, ferner die auf diesen Theil der Frontmauer kommende permanente und zufällige Last des Daches und der Decken aller Etagen in Rechnung und nimmt diese Belastung als gleichmässig über den Träger vertheilt an; hiernach wird das nöthige Widerstandsmoment der Träger bestimmt. Zu berücksichtigen ist, dass der innere Träger eine erheblich grössere Last erhält als der äussere; will man ein gleiches Profil für beide anwenden, so erhält der äussere Träger einen Ueberschuss an Tragfähigkeit.

Der Druck, den die Säulen erhalten, ist davon abhängig, ob die Träger in einer Länge durchlaufen, oder ob sie auf den Säulen gestossen sind. Stehen die Säulen in der Mitte der Oeffnung, so findet bei continuirlichen Trägern der in Fig. 60 und 61, S. 47, dargestellte Fall statt und die Säulen erhalten $^5/_8$ der ganzen Last, welche auf den Trägern ruht, wären die Träger auf den Säulen gestossen, so würden die letzteren in diesem Falle nur die Hälfte der Last erhalten.

Nachdem die Last für jede Säule ermittelt ist, findet man das erforderliche Trägheitsmoment J des Querschnittes nach Formel (80) S. 53.

III. Decken mit Oberlicht.

§. 103. Oberlicht in den Sälen der Gemälde-Gallerien*).

In den Sälen der Bildergallerien ist das Oberlicht so anzuordnen, dass die Bilderwände ein homogenes, möglichst gleichvertheiltes, helles Licht erhalten. Um dies zu ermöglichen, muss die Grösse des Oberlichtes ein bestimmtes Verhältniss zur Grösse des Saales haben, dieses Verhältniss ist von dem Herrn Baumeister **A. Tiede** ermittelt und mit sehr günstigem Erfolge für die Säle des **Schinkel**'schen Museums zu Berlin ausgeführt worden.

Sehr gut beleuchtet ist der oblonge Mittelsaal der Leipziger Gallerie, in dem die **Calame**'schen Bilder hängen. Derselbe ist ca. 20,7 Meter lang, 7,9 Meter breit und 7,5 Meter hoch; das Oberlicht, welches die ganze Saallänge durchschneidet, ist ca. 3,8 Meter breit, somit verhält sich die Oberlichtfläche zur Saalgrundfläche wie 1 : 2,1. Die Bilder sind bis zur Deckenvoute gehängt, die in ca. 5,7 Meter Höhe vom Fussboden beginnt. Wie sehr man sich hüten muss, das Deckenlicht zu klein anzulegen, zeigen die an diesem Saal anstossenden Nebensäle, in denen es im Vergleich zum Hauptsaal auffallend dunkel ist. Diese quadratischen Säle, von 7,9 Meter Seite, haben bei gleicher Höhe ein Deckenlicht von 3,8 Meter im Quadrat, was ein Verhältniss des letzteren zur Saalgrundfläche wie 1 : 4,3 ergiebt.

In der Dresdener Gallerie zeigen die Säle in einer gewissen Höhe ein vorzügliches Licht, doch sind die Bilder zum Theil zu hoch gehängt und können in solcher Höhe nicht genügend betrachtet werden, obgleich die hochhängenden Bilder gerade ein sehr gutes Licht empfangen. Die Säle sind 15,4 bis 16,0 Meter lang und 10,7 Meter breit. Bis zum Beginn der Deckenvoute beträgt ihre Höhe 9,1 Meter und bis zur Glasdecke selbst ca. 14,4 Meter. Das Oberlicht hat eine Länge von 10 Meter und eine Breite von 5 Meter, es liegt dem Dachfenster ziemlich nahe, wesshalb das letztere für die Lichtwirkung nicht sehr störend ist, obgleich es nur die Grösse des Deckenlichtes hat. Nach den obigen Maassen verhält sich das Deckenlicht zur Saalgrundfläche wie 1 : 3,3.

Auch in den Sälen der alten Pinakothek zu München ist der Lichteinfall zu hoch über dem Fussboden angelegt und haben zwei Säle zu kleine Deckenlichtöffnungen, deren Grösse sich zur Saalgrundfläche nur wie 1 : 5,5 verhält. Im grossen Mittelsaal ist dieses Verhältniss besser, nämlich wie 1 : 3,5, und hier herrscht in gewisser Höhe, wie in der Dresdener Gallerie, eine intensive Beleuchtung.

Von grossem Einflusse auf eine gute Beleuchtung ist die Anlage des Dachlichtfensters. In Leipzig und an einigen andern Orten ist das Dachlicht ebenso gross wie das Deckenlicht ausgeführt; hier ist nicht mehr die Höhe der Deckenöffnung über dem Fussboden, sondern die Höhe des Dachlichtfensters maassgebend. Je grösser die Entfernung der Decke von der Dachöffnung ist, desto ungünstiger wird die Beleuchtung. Unter allen Umständen muss das Dachlichtfenster sehr viel grösser sein als die Deckenöffnung, wie dies aus dem Nachstehenden hervorgeht. In dem Saal der Münchener Gallerie ist die Deckenöffnung bis unmittelbar unter das Dach gerückt, so dass Decken- und Dachöffnung zusammenfallen. Auf dieser Oeffnung steht ein Glasaufbau, der oben mit Kupferblech eingedeckt ist, während das Licht durch die verglasten Seitenwände einströmt, wodurch das Zenithlicht bei der Saalbeleuchtung völlig ausgeschlossen wird. Daher kann in diesen Räumen der Fussboden nirgend zu hell oder vielleicht heller als die Bildwände beleuchtet

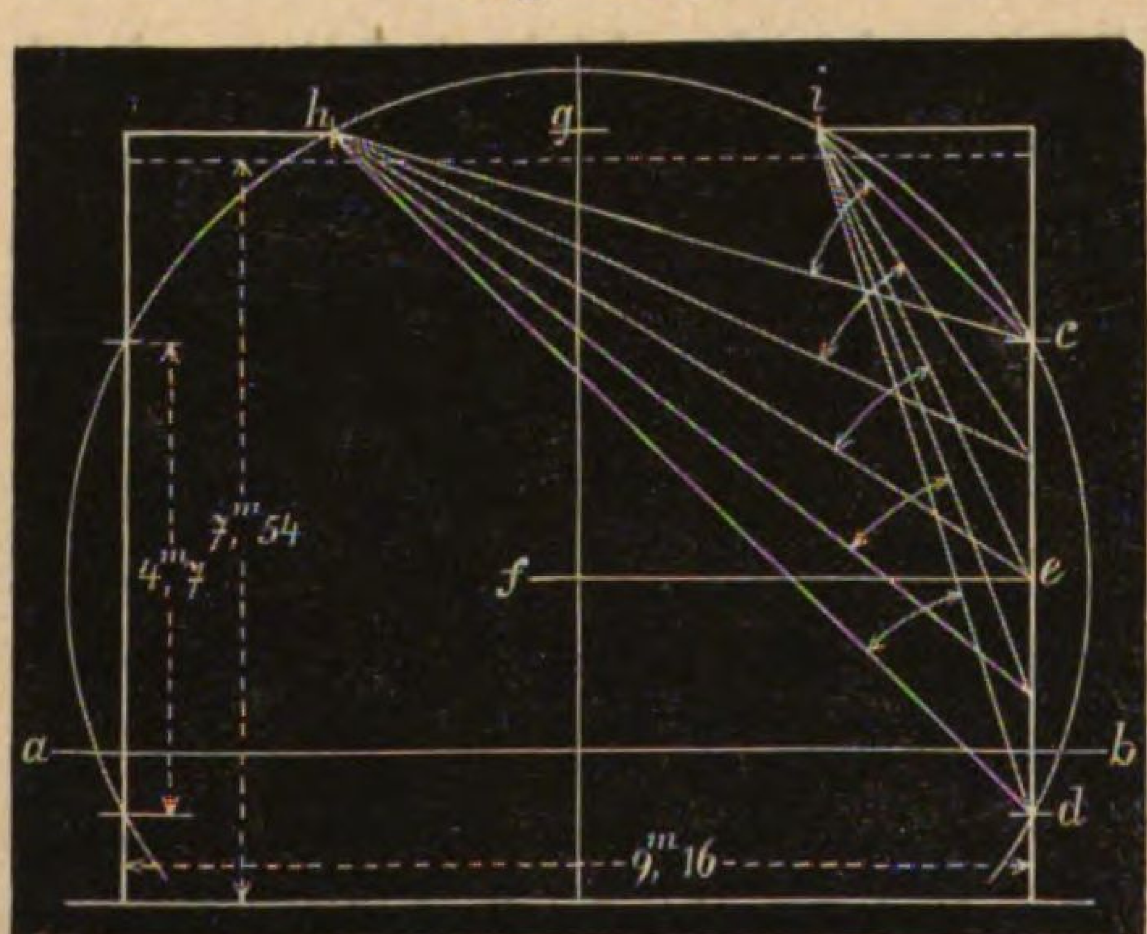
*) Vergl. die Artikel des Herrn Prof. **Ed. Magnus** in Erbkam's Zeitschrift f. Bauw. 1864 und 1867, ferner die Artikel: »Die beabsichtigte Veränderung der Bildersäle im alten Museum zu Berlin«. Deutsche-Bauzeitung 1869. S. 21, sowie den Artikel: »Einrichtung eines Oberlichtsaales in der Bildergallerie des alten Museums in Berlin«, vom Herrn Baumeister **A. Tiede** in Erbkam's Zeitsch. f. Bauw. 1871. S. 185.

werden, wodurch auf die Bilder störende Reflexlichter fallen würden. Diese günstige Einrichtung lässt sich aber klimatischer Rücksichten wegen nicht an allen Orten ausführen.

Der für Oberlicht eingerichtete Saal im Berliner Museum ist ca. 16,6 Meter lang, 9,16 Meter breit und 7,54 Meter hoch; einen Querschnitt desselben zeigt Fig. 2, **Blatt 14.** Die Dachfläche über dem Saal fällt nach zwei Seiten ab und liegt im höchsten Punkte ca. 3,3 Meter, an den beiden Seiten aber, weil die Dachneigungen verschieden sind, ca. 2,2 und 1,1 Meter über der Deckenöffnung. Da das Dach nach der einen Seite auch die grosse Halle des Museums überdeckt, so konnten die 1,26 Meter von Mitte zu Mitte entfernt liegenden Sparren nicht entfernt werden, indem man den vorderen Theil des Daches nicht umändern wollte. Um nun den Lichteinfall möglichst wenig zu hindern, sind die 31 Centim. hohen Sparren nach unten von beiden Seiten abgeschrägt. Das Dachlichtfenster ist 16,3 Meter lang und 8,8 Meter breit, es wurde nach Fig. 597 und 598 auf den hölzernen Sparren befestigt. Zum Tragen des Daches dienen drei eiserne Träger, deren untere Gurtung nach Fig. 2, **Blatt 14** gleichzeitig die matte Glasfläche *m n o* trägt, welche walmdachartig ringsum von einer 47 Centim. hohen Bohlwand unterstützt wird; in derselben liegen Vorrichtungen zur Ventilation des Saales. Die Schinkel'sche Deckengesimsgliederung wurde beibehalten, ringsherumlaufend ist eine mit Sternen bedeckte Reihe Calymatien angeordnet und um den Deckenausschnitt wird freischwebend eine Sima getragen, über der sich so bildenden Lichtöffnung von 11,72 Meter Länge und 4,0 Meter Breite schwebt die matte Glasfläche frei und unabhängig von der Decke. Die ganze Deckenfläche des Saales mit aller Ornamentation ist aus Zinkblech getrieben hergestellt.

Aus den oben angegebenen Abmessungen des Saales und des Deckenlichtes ergiebt sich das Verhältniss der Deckenöffnung zur Saalgrundfläche wie 1 : 3,3. Die Bildwandhöhe *c—d* ist 94 Centim. über dem Fussboden beginnend auf 4,7 Meter festgestellt worden. Aus Fig. 681 ist ersichtlich, wie bei der Grösse der angelegten Lichtöffnung und der festgesetzten Höhe der Bildwand *c d* fast jeder Punkt der letzteren gleich hell beleuchtet wird, indem die Lichtbündel für die einzelnen Punkte annähernd gleich gross ausfallen. Auf der Mitte *e* der Bildwand *c d* ist ein Loth bis zur Saalmitte *f* errichtet und um *f* der Kreis *d c i h* geschlagen; *f g* ist gleich *f e* gemacht und durch *g* die Sehne *h i* gezogen. Diese Sehne ist nun ungefähr als Maass für die Deckenöffnung angenommen und es ist klar, dass alle auf dieser Sehne stehenden, mit ihren Spitzen die Kreislinie berührenden Lichtwinkel gleich gross sind. Wenn auch die Bildwand *c d* von der Kreislinie abweicht, so wird man dennoch annehmen können, dass die Lichtbündel für alle Punkte der Wand gleich gross sind, also auch eine fast gleich helle Beleuchtung der Wand erfolgen muss. Diese Annahme ist für die Punkte *c* und *d* ganz correct, von *c* nach *e* und von *d* nach *e* werden die Winkel ein wenig grösser, daher die Beleuchtung etwas stärker. In Bezug auf die Beleuchtung der Bilder wird aber diese Zunahme des Lichtes, nach der Mitte der Wand zu, nur erwünscht sein können. Bei der immerhin noch stark geneigten Lage der einfallenden Lichtstrahlen kann ein störendes Streiflicht hier nicht vorkommen.

Fig. 681.



Verlängert man den Strahl *c h*, Fig. 681, über *h* hinaus, so muss das Dachlichtfenster bis an diese Linie reichen, also so gross sein, dass der Strahl *c h* noch ungehindert einfallen kann.

Die Abmessungen der Räume in der Berliner Gallerie zeigten sich für die Oberlichteinrichtung sehr geeignet. Bei Anlage einer Bildergallerie wird immer auf zweckmässige

Grösse der Räume Rücksicht zu nehmen sein; will man eine gute Betrachtung der Bilder gewähren, so wird man dieselben nie über $5^1/_2$ Meter hoch hängen dürfen. Säle wie die Mittelräume in der Gallerie zu Dresden und München werden oft als zu ausgedehnt bezeichnet, die grosse Anzahl der in solchen Räumen vorhandenen Bilder wirkt erdrückend auf die Beschauer.

Bei dem Saal im Museum zu Berlin sind solche Einrichtungen getroffen, dass lichtdämpfende Gardinen **über** der matten Glasfläche angebracht und vom Saale aus bewegt werden können. Sehr wohlthätig und empfehlenswerth für die Lichtwirkung ist die Beseitigung des Zenithlichtes. Die glänzende Glasfläche über den Köpfen der Besucher von Oberlichträumen wirkt ebenso wie Seitenfenster blendend, sobald der Blick sich nach aufwärts richtet; ist aber der Zenith dunkel, wie in der alten Pinakothek zu München, so trifft kein störendes Licht mehr das Auge, und die Wandfläche wird der relativ hellste Theil des Raumes. Die sinnreiche Einrichtung im Rottmann-Saal der neuen Pinakothek zu München, die alle störenden Wirkungen des Zenithlichtes beseitigt, wirkt leider räumlich bedrückend und dürfte aus diesem Grunde nicht zu empfehlen sein. Bei dem Oberlichtsaal zu Berlin ist der Fussboden dunkel gehalten und ein grosser länglich runder Sitzplatz unter der Deckenöffnung angeordnet, wodurch ein zu heller Beleuchtungseffect des Fussbodens vermieden wird.

In Bezug auf Auswahl der Glassorte und Eindeckung eines Oberlichtes ist §. 90 zu beachten.

§. 104. Oberlicht in Sälen, Vestibulen und Treppenhäusern.

Bei Oberlichtanlagen in gewöhnlichen Sälen, wo eine gleichmässige Beleuchtung der Wände nicht gefordert wird, ist man nicht so sehr an ein bestimmtes Verhältniss zwischen der Deckenöffnung und der Saalgrundfläche gebunden, hier ist die Grösse des Oberlichtes mehr von der architektonischen Wirkung des Raumes abhängig.

Einen Querschnitt durch den grossen Saal mit Oberlicht in der Villa Krupp giebt Fig. 11, **Blatt 13**; der Grundriss dieses mittleren Raumes ist in Fig. 8, **Blatt 8** dargestellt. Die Decke des 12,3 Meter breiten, ca. 36 Meter langen Saales wird von 11 Stück Sichelträgern getragen, die ca. 3 Meter von Mitte zu Mitte entfernt stehen. Diese Träger sind in der unteren Gurtung und in den Diagonalen aus Flacheisen, in der obern Gurtung und in den Verticalen aus Winkeleisen hergestellt; deren Dimensionen in Millim. sind in Fig. 11 eingeschrieben. Zwei Winkeleisen mit einer 12 Millim. starken Blechplatte vernietet, bilden das Auflager der Träger, dasselbe ist in Fig. 14 und 15, **Blatt 13** dargestellt. Ein Rollenauflager ist nicht angewendet, da die Temperatur des Raumes ziemlich gleichmässig ist; wenn dennoch kleine Längenänderungen vorkommen sollten, so können die geringbelasteten Träger auf den gerade gehobelten gusseisernen Unterlagsplatten sich leicht so viel verschieben.

Oberhalb der Saaldecke wurden an den beiden Längenmauern 1,1 Meter breite Gallerien angebracht, die als Corridore dienen, von denen die im Dachgeschosse liegenden Dienerzimmer zugängig sind. Als Fussbodenbelag ist für diese Gallerien Riffelblech angewendet, welches die Actien-Gesellschaft **Phönix** zu Eschweilerau in einer Breite gewalzt lieferte. Die Blechplatten, 5 Millim. stark, im Gewichte von 40 Kilogr. pro □ Meter, sind gut aneinander gepasst und mittelst Holzschrauben auf einem leichten Gebälke aus Eichenholz befestigt. Jede Riffelplatte ist 75 Centim. lang geschnitten, so dass auf der Strecke zwischen 2 Bindern 4 Platten vorkommen. Unter den Stossfugen liegt immer ein 5,2 Centim. breiter Querträger *d e* aus Eichenholz, der an der Mauer auf der gusseisernen Platte *e* aufliegt und mit einem Zapfen in den 4 Centim. breiten Langträger eingreift, während das andere Ende sein Auflager in einem 10,5 Centim. hohen, 5,2 Centim. breiten ⊏-Eisen findet, welches an den Verticalen zwischen je 2 Trä-

gern befestigt ist. Die gerippten Blechplatten kosteten pro 1000 Kilogr. 288 Mark, oder pro □ Meter 11,5 Mark.

Zur Aussteifung der gedrückten Gurtung der Sichelträger sind die ⊥-Eisen *f* angewendet, die je 2 Träger mit einander verbinden. Zum Tragen der Glasdecke dienen die 78 Millim. hohen, 55 Millim. breiten I-Eisen *b*, welche von der **Gutenhoffnungshütte** zu Sterkrade geliefert sind.

Der untere Theil der Decke wird von den Langträgern *c* getragen, auf denen gekrümmte hölzerne Balken ihr Auflager finden, diese sind mit Brettern verschaalt, berohrt und mit Gyps verputzt. Die decorirten Auflager sind ebenfalls aus Gyps gegossen, während die ganze übrige Deckenverkleidung aus Zinkblech hergestellt wurde.

Fig. 12 und 13 zeigt die aus Zinkblech gezogenen, von dem Klempnermeister **Peters** in Berlin gelieferten Bekleidungen der Sichelträger, die nach einem Radius von 9,9 Meter gekrümmt sind. Jeder dritte Träger ist durch das grössere Profil, Fig. 12, als Hauptträger characterisirt, mit demselben Profil wurden auch die beiden Langträger *c* bekleidet, während die je zwei zwischenliegenden Sichelträger durch das kleinere Profil, Fig. 13, als Nebenträger zur Erscheinung gebracht sind. Unter den Hauptträgern stehen korinthische Säulen, welche von ausgekragten Steinconsolen getragen werden. Der Säulenschaft besteht aus einem Schieferkern, der mit Zöplitzer Serpentin umkleidet ist, die Basis und das Kapitäl der Säulen bestehen aus Zinkguss und sind grünlich broncirt. Das Deckengesims wurde aus einem gelblichen Kalkstein hergestellt, der aus dem Pariser Becken bezogen wurde; mit demselben Material ist auch das Aeussere des Gebäudes verkleidet.

Die eigentliche Lichtöffnung der Decke erstreckt sich zwischen den 6 Stück I-Eisen *b*, Fig. 11, **Blatt 13**, und verhält sich die horizontal gemessene Glasfläche zur Saalgrundfläche wie ca. 1 : 3. Das Stück zwischen dem äusseren I-Eisen *b* und dem Langträger *c* ist nicht verglast. Die Glastafeln sind in Rahmen aus starkem Zinkblech mit Eiseneinlagen befestigt und auf den unteren Flantsch der I-Eisen *c* gelegt, die Glasfläche *a* des Oberlichtes ist also nicht bogenförmig, sondern polygonal gestaltet. Die Malerei auf den Glastafeln ist in dem Atelier des Herrn Dr. **H. Oidtmann & Comp.** in Linnich bei Aachen ausgeführt.

Die 11 Stück Sichelträger wurden von dem Verfasser auf dem Bauplatze hergestellt und ist die untere Gurtung derselben, sowie die Diagonalen aus den Windverstrebungen gebildet, welche bei den Dachconstructionen mitgeliefert, bei deren Aufstellung aber als unnöthig weggelassen waren. Sie sind unten vollständig fertig zusammengenietet und an einem durch 3 Taue abbalancirten Mast mit einem Flaschenzuge in die Höhe gezogen, wobei der Träger jedesmal in 2 Tauen hing, die in den Feldern *c* um die obere Gurtung geschlungen waren.

Ein Fluroberlicht durch 2 Geschosse zeigt Fig. 1, **Blatt 14**, dasselbe ist von den Herren Baumeistern **v. d. Hude und Hennicke** für eine Villa in Berlin*) ausgeführt. Das Dachlicht *a*, welches wohl zweckmässig etwas steiler angeordnet wäre, ist nur wenig grösser als das Deckenlicht *b*. Für ein horizontales Oberlicht eignet sich die Glassprosse Fig. 593 sehr gut, wenn die Abführung des Schwitzwassers nicht berücksichtigt zu werden braucht; solche Sprossen lassen sich durch Zinkornamente reich verzieren.

Blatt 16, Fig. 1 giebt einen Längenschnitt durch das Oberlicht des grossartigen Treppenhauses in dem vom Herrn Geh. Regierungsrath **F. Hitzig** erbauten Palais des Herrn v. Kronenberg in Warschau**). Die Haupttreppe, welche nur in das erste Geschoss führt, ist aus weissem carrarischen Marmor hergestellt, ebenso die Geländer derselben, in deren Füllungen vergoldete bronzene Verzierungen angebracht sind. Der Raum ist zwischen den Säulenmitten ca. 13,7 Meter lang und 10,3 Meter breit; die Fläche des Oberlichtes

*) Publicirt in Erbkam's Zeitschrift für Bauw. 1871.

**) Erbkam's Zeitsch. für Bauw. (1874. S. 5) enthält die vollständigen Pläne dieses Palais.

verhält sich hier zur Grundfläche des Raumes etwa wie 1 : 4, welches Verhältniss um so mehr ausreichend ist, da der Raum auch noch durch Seitenlicht beleuchtet wird. Dicht am Treppenhause liegt ein Wintergarten, der sowohl durch Oberlicht wie durch grosse Seitenfenster reichlich Licht erhält. Fig. 2 zeigt einen Querschnitt durch den 15,7 Meter langen, 8,2 Meter breiten Raum; zwischen den gebogenen Trägern, die der Fenstertheilung entsprechend liegen, sind die eisernen Sprossen befestigt, worauf die Glastafeln ruhen. Da die Träger nur die Glasdecke zu tragen haben, so konnten sie sehr schwach construirt werden.

Ein Oberlicht über dem rechteckigen Treppenhause im Universitätsgebäude zu Rostock ist in Fig. 10, **Blatt 16** im Längenschnitte dargestellt. Vom Dachfenster bis zur Glasdecke wurde ein geschlossener Kasten ausgeführt, damit das Licht nicht auf dem Dachboden zerstreut wird; die Wände dieses Lichtkastens müssen natürlich eine möglichst helle Farbe erhalten.

Bei dem Oberlichte Fig. 11, **Blatt 16** ist ein solcher Lichtkasten nicht ausgeführt; hier tritt das Dachfenster ziemlich weit über die Dachfläche hinaus, so dass sich verticale Wände bilden, die mit Brettern jalousieartig geschlossen sind, wodurch der Dachboden ventilirt wird. Die Sprossen der Glasdecke in der Kuppel werden meistens radial angeordnet, indem sie sich an einem mittleren Ringe anschliessen, auch werden noch durch Zwischensprossen architektonische Muster gebildet, meistens die Form eines Sternes.

Grosse mit Glas überdeckte Höfe sind in neuerer Zeit namentlich für Hôtels ausgeführt (vergl. Fig. 423 und 424); so hat **C. Tietz** für den mit schöner Architektur, mit Bronze-Fontainen etc. geschmückten grossen Hof des **Grand Hôtel** *) zu Wien ein Glasdach mit Polonceau'schen Bindern angewendet; der Hof hat 20 Meter Länge und 16,1 Meter Breite. In dem vom Stadtbaumeister Herrn **Fränkel** erbauten **Hôtel Austria** zu Wien ist der 12,3 Meter lange, 11,4 Meter breite Hof mit einer Glaskuppel überdeckt, deren Grundriss Fig. 682 darstellt; diese Kuppel wird des Nachts durch Sonnenbrenner beleuchtet, welche auch zugleich die Ventilation des Hofes bewirken. Fig. 683 zeigt einen Querschnitt durch die Glasdecke des Speisesaals im **Hôtel Union** zu Wien, von dem Archit. Herrn **A. Prokop** erbaut. Der Baugrund ist ein Eckplatz von etwa 700 □ Meter, zur bessern Ausnutzung desselben sind an allen 4 Seiten einfache Tracte für die Fremdenzimmer angeordnet, so dass in der Mitte ein freier Raum von 14,2 Meter Länge und 13 Meter Breite bleibt, der als Speisesaal hergerichtet und mit einem doppelten Glasdache abgeschlossen wurde. Die Glasdecke wird von Flacheisenstäben getragen, die an die Knotenpunkte der einfachen Polonceau'schen Dachbinder in sehr zweckmässiger Weise aufgehängt sind. Zur Regulirung der Spannung in den Hängestangen dienen Schraubenkuppelungen (Fig. 114 und 115), wodurch die Stangenlänge beliebig geändert werden kann. In der Mitte der Glasdecke befindet sich eine 1,5 Meter weite Oeffnung, in der ein bis über das Dach hinausgeführtes Rohr mit Sonnenbrenner eingesetzt ist, um die verdorbene Luft aus dem Speisesaale abzusaugen und den Saal zugleich zu beleuchten. Als Zugänge zu den Fremdenzimmern sind in allen Etagen mit Brüstungen versehene Gallerien, auf schmiedeeisernen Consolen ruhend, in den Speisesaal eingebaut und ringsherum geführt. Alle Thüren zu den Fremdenzimmern gehen von diesen Gallerien aus und erhält eine grosse Zimmerzahl auch nur Licht von dem Speisesaale.

Fig. 682.

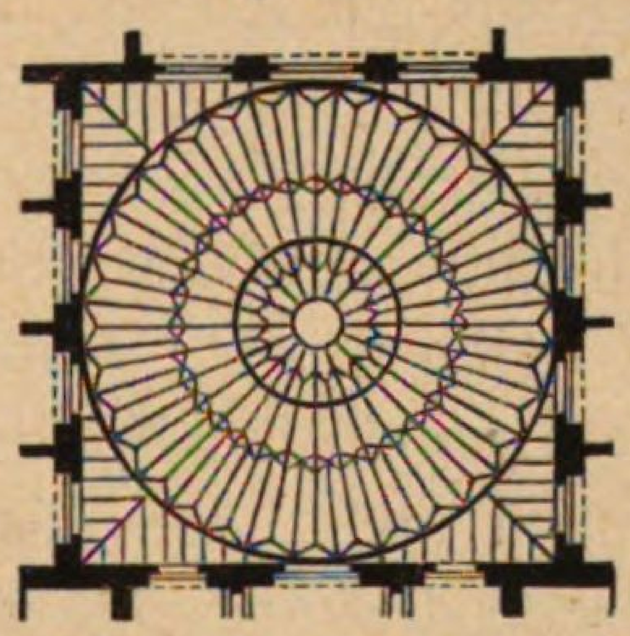
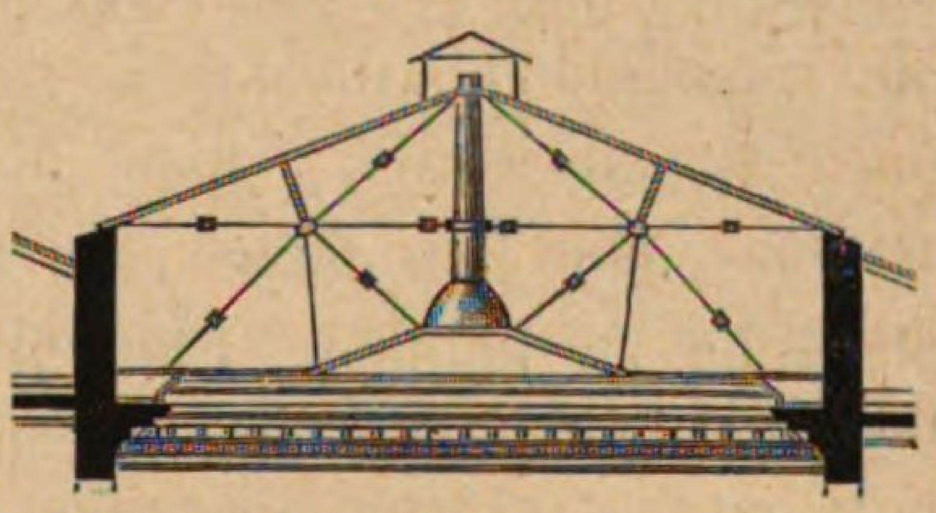


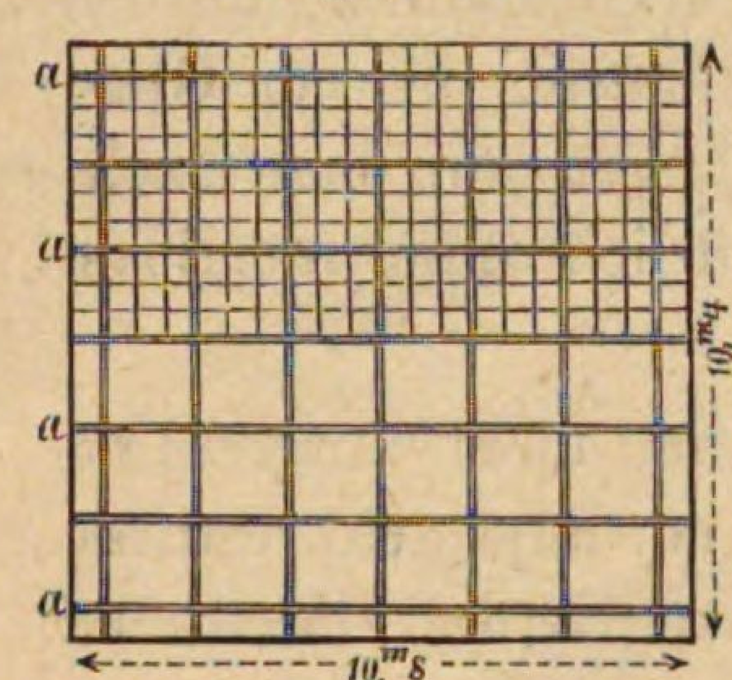
Fig. 683.



*) Veröffentlicht in Förster's Bauzeitung 1871.

Das Oberlicht über dem schönen Arkadenhofe des in den Jahren 1868—71 von dem Herrn Oberbaurath **v. Ferstel** erbauten **österr. Museums für Kunst und Industrie** zu Wien ist ebenfalls an den eisernen Dachbindern aufgehängt. Die Binder von 16,34 Meter Spannweite, in ca. 3,01 Meter Abstand aufgestellt, haben eine bogenförmige genietete untere Gurtung, mit den geradlinigen Sparren durch Gitterwerke in Verbindung gebracht; deren Construction ist nicht rationell und bietet nichts Bemerkenswerthes. Der Arkadenhof hat zwischen den Säulenmitten ca. 17,2 Meter Länge, 16,8 Meter Breite und nimmt die Deckenvoute mit Stichkappen so viel Raum in Anspruch, dass für das Oberlicht, nach Fig. 684, noch eine Oeffnung von 10,8 Meter Länge und 10,4 Meter Breite übrig bleibt. Durch stärkere Flacheisen ist die Lichtöffnung in grössere Rechtecke getheilt, wie es die Hälfte des Grundrisses Fig. 684 andeutet, jedes Rechteck wird wieder durch schwächere Sprossen in 3, resp. 9 Theile eingetheilt, wie dies die andere Hälfte des Grundrisses zeigt, so dass jede Glastafel ca. 50 Centim. Länge und Breite erhält. Jede Hauptsprosse *a* ist vermittelst 4 Hängestangen an die Dachbinder gehängt, alle übrigen Sprossen werden von den 4 Hauptsprossen *a* getragen, mit denen sie durch Nietung verbunden sind. Sämmtliche Sprossen bestehen aus Flacheisen, woran schwache Winkeleisen als Auflager für die Glastafeln befestigt wurden; alle Glastafeln sind mit hellgelber Farbe gleichartig bemalt, ein umlaufender Fries mit einem Stern bildet das Motiv der Decoration. Das Gerippe für die Stichkappen der Deckenvoute besteht ebenfalls aus Schmiedeeisen, es ist mit kurzen Gitterträgern verbunden, die mit dem einen Ende auf der Mauer liegen, mit dem andern aber an den Dachbindern hängen.

Fig. 684.



Der Sitzungssaal im **provisorischen Hause des deutschen Reichstages** zu Berlin wird durch ein zeltdachartiges Oberlicht beleuchtet, welches etwa halb so lang und breit ist, wie der Saal; die ganze Saaldecke hängt an den Dachbindern. Interessant ist hier namentlich die Art der Saalbeleuchtung am Abend, wobei die Glasdecke oberhalb von 660 Gasflammen, die mit guten Reflectoren versehen sind, erhellt wird. Am Tage würde diese Gaseinrichtung, dicht über der Glasdecke liegend, für die Saalbeleuchtung störend wirken, man hat daher eine Einrichtung getroffen, um die Beleuchtungsapparate leicht entfernen zu können. Sämmtliche Lampen sind nämlich auf Karren befestigt, die wie das Oberlicht eine Neigung von 1 : 4 gegen den Horizont haben, oben mittelst Rollen an horizontalen Flacheisenschienen hängen und unten ebenfalls mittelst Rollen auf Schienen geführt werden, welche auf dem Dachboden befestigt sind. Diese Wagen lassen sich also, in der geneigten Stellung verbleibend, bis dicht über die Oberlichtfläche schieben, wenn künstliche Beleuchtung stattfinden soll, im andern Falle können sie ganz von der Glasfläche zurückgeschoben werden, so dass dieselbe vollständig für die Tagesbeleuchtung frei wird. Das Gas wird den auf den Karren befestigten Rohrsystemen, worauf die Lampen sitzen, durch Röhren mit Gelenkverbindungen zugeführt, die sich zusammenlegen, wenn man die Karren zurückschiebt.

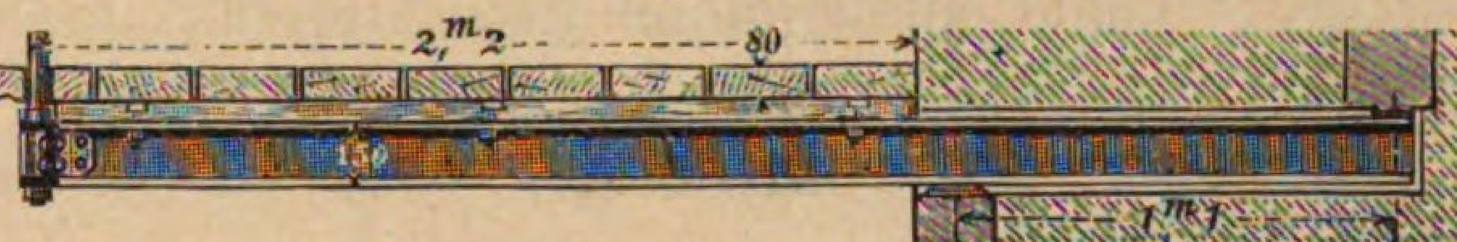
Siebenter Abschnitt.

Gallerien, Balkons und Erker.

§. 105. Construction der Gallerien.

Seit das Walzeisen im Hochbau zu Trägern in Anwendung gekommen ist, wurde die Herstellung von Gallerien, Balkons etc. wesentlich vereinfacht und erleichtert. Die einfachste Art solche Gänge oder Gallerien an den Wänden der Gebäude zu bilden, geschieht dadurch, dass man **I**-förmige gewalzte Träger in entsprechende Oeffnungen der Mauer einschiebt, wie dies Fig. 685 zeigt, und auf den Trägern Bohlen oder Steinplatten befestigt, oder zwischen den Trägern Gewölbekappen einspannt. Fig. 685 ist der Querschnitt einer Leinpfadsbrücke von der mehrfach erwähnten Brücke über die Brahe bei Bromberg, welche der Herr Geh.-Oberbaurath **J. W. Schwedler** erbaut hat. Die 15 Centim. hohen **I**-Träger liegen durchschnittlich 94 Centim. von einander entfernt und ruhen je auf **einem** Stützpunkte, wobei am Ende des Trägers in der Mauer ein eingemauerter Sandstein der Trägerbelastung das Gleichgewicht hält. Jeder Träger des 2,2 Meter breiten Leinpfades erhält durch das Eigengewicht der Construction eine Last, die sich zusammensetzt aus:

Fig. 685.

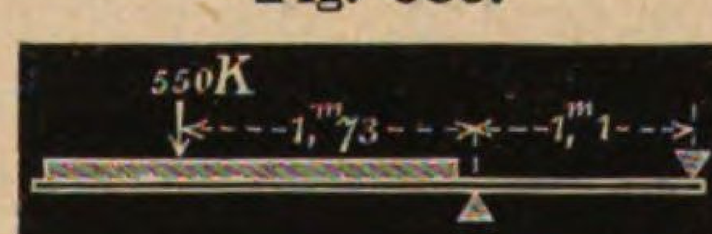


2,07 □ Meter Bohlenbelag 8 Centim. stark = 0,16 Cub.-Meter	=	131	Kilogr.
2,2 lfd. Meter Walzbalken à 22,3 Kilogr.	=	49	»
0,94 » » **⊏**-Eisen = 24 Kilogr., dafür gleichförmig vertheilt	=	48	»
Für das Geländer, gleichförmig vertheilt gedacht	=	17	»
Holzauffutterung, Verbindungstheile und zur Abrundung . . .	=	17	»
Summa	=	262	Kilogr.

Mithin ist die Belastung durch das Eigengewicht pro □ Meter rot. 130 Kilogramm.

Die grösste Nutzlast, welche auf einen Träger kommen kann, ist das Gewicht eines Pferdes und eines Menschen, etwa 375 Kilogramm. Diese Last, nach Fig. 686, im Abstande von 1,73 Meter vom Stützpunkte vereinigt, dazu das concentrirte Eigengewicht mit rund 175 Kilogr. an derselben Stelle angreifend, giebt eine Gesammteinzellast $P = 550$ Kilogr., daher ist nach Formel (30), S. 38, das erforderliche Widerstandsmoment:

Fig. 686.



$$W = \frac{P \cdot l}{k} = \frac{550 \cdot 173}{800} = 119 \text{ Centim.-Kilogramm.}$$

Der gewählte Walzbalken von 15 Centim. Höhe, 8 Centim. Breite und 1 Centim. Flantsch- und Stegstärke hat ein Widerstandsmoment:

$$W = \frac{BH^3 - bh^3}{6H} = \frac{8 \cdot 15^3 - 7 \cdot 13^3}{6 \cdot 15} = 129 \text{ Centim.-Kilogramm.}$$

Für eine ausnahmsweise Belastung durch Menschengedränge würde die Gesammtlast mit etwa 500 Kilogr. pro □ Meter in Rechnung zu stellen sein; demnach ist die gleich-

mässig vertheilte Gesammtlast eines Trägers 2,07 · 500 = 1035 Kilogramm. Diese (nach Fig. 42) in ihrem Schwerpunkte angreifend gedacht, ergiebt nach Formel (31):

$$\frac{P \cdot l}{2} = W \cdot k, \text{ oder } k = \frac{P \cdot l}{2W} = \frac{1035 \cdot 220}{2 \cdot 129} = 882 \text{ Kilogramm}$$

als grösste Anstrengung des Materials, was für eine aussergewöhnliche Belastung zulässig erscheint. Die unter den Balken liegenden eisernen Unterlagsplatten sind 10,5 Centim. im Quadrat gross, ihre Fläche ist also gleich 110 □ Centim.; der grösste Druck, den der unterstützende Quader gewöhnlich erhält, setzt sich zusammen aus der grössten Belastung eines Trägers = 550 Kilogr. und der Kraft x am hinteren Ende des Trägers, Fig. 686, welche den Träger im Gleichgewicht erhält. Da die statischen Momente zu beiden Seiten des Auflagers gleich gross sein müssen, so hat man zur Bestimmung von x die Gleichung:

$$550 \cdot 173 = x \cdot 110, \text{ oder } x = \frac{550 \cdot 1{,}73}{1{,}1} = 865 \text{ Kilogramm};$$

demnach wird der Quader mit $\frac{550 + 865}{110} = 13$ Kilogr. pro □ Centim. gedrückt; er hat nun eine solche Fläche, dass seine Belastung entsprechend auf das Mauerwerk vertheilt und dasselbe pro □ Centim. nur mit 6 bis 7 Kilogr. beansprucht wird.

In Fig. 687 ist der Querschnitt einer Gallerie dargestellt, die vom Verfasser für die Villa **Krupp** bei Essen in einer Gesammtlänge von ca. 91 Meter ausgeführt wurde. Die Consolen bestehen hierbei aus Winkeleisen von 40 × 40 × 6 Millim. Schenkelstärke, in Verbindung mit 32 × 6 Millim. starken Gitterstäben und 6 Millim. starkem Blech; sie sind ca. 3,3 Meter von Mitte zu Mitte entfernt angebracht und am vorderen Ende durch ⊏-Eisen, dessen Profil Fig. 688 giebt, mittelst Winkellaschen miteinander verbunden. Die ganze Gallerie ist mit dem S. 339 erwähnten geriffelten Eisenblech belegt, welches direct als Fussboden dient. Damit das Blech bei der Belastung nicht einbiegen kann, sind zwischen je 2 Consolen noch 3 Zwischenträger aus Eichenholz eingeschaltet, die einerseits mit der Mauerlatte a Fig. 689 verzapft wurden und andererseits in dem vorderen ⊏-Eisen ihr Auflager finden.

Fig. 687.

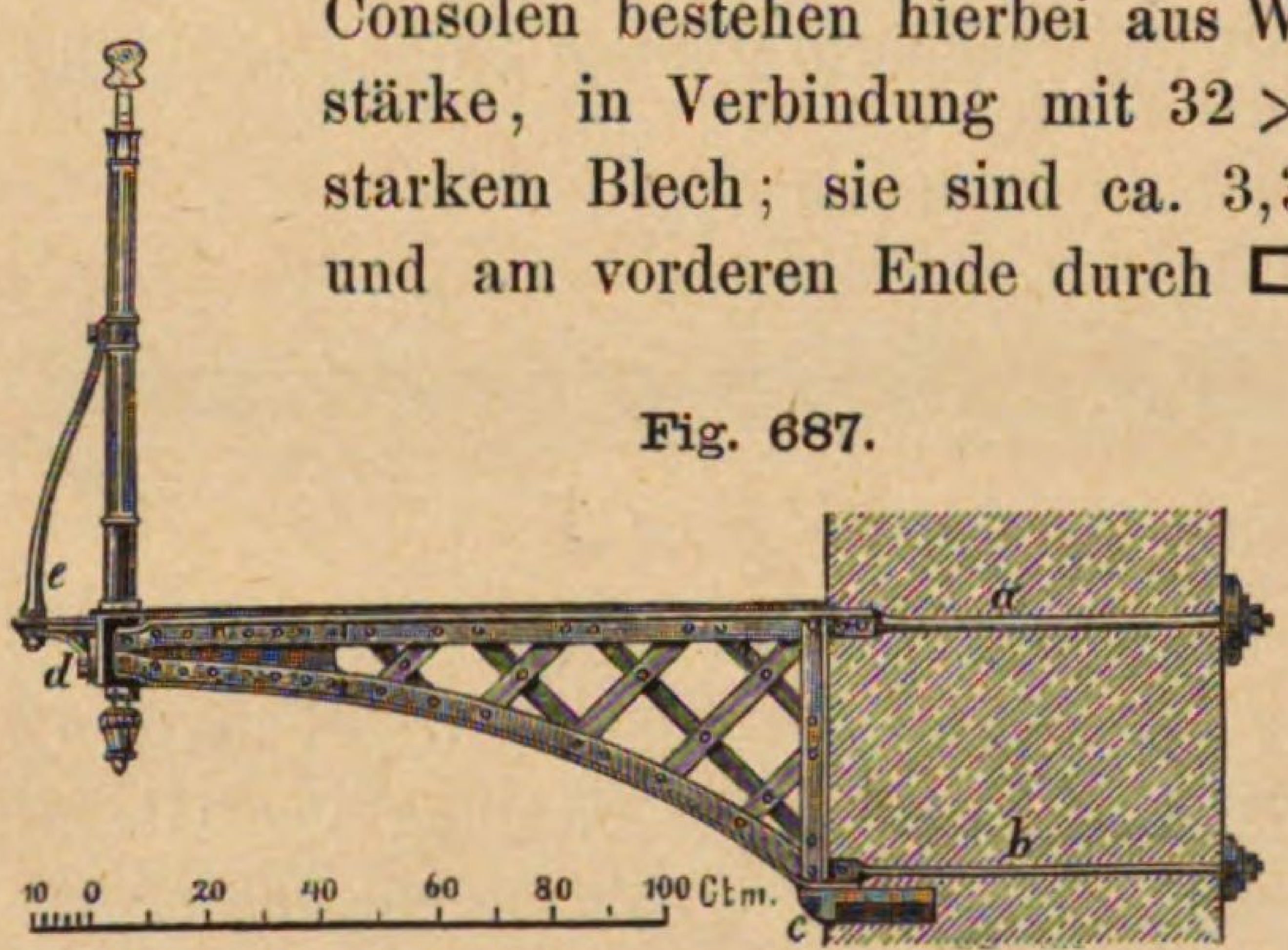


Fig. 688.

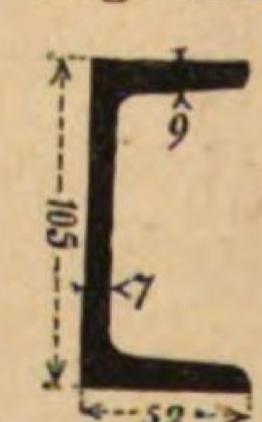
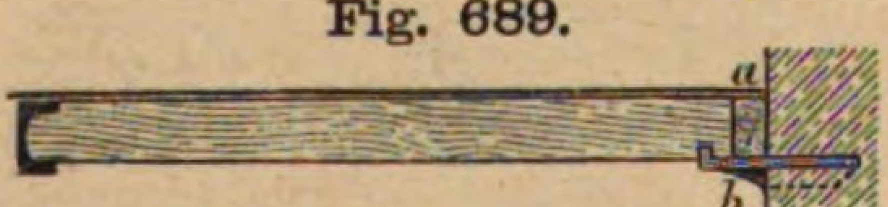


Fig. 689.



Die Mauerlatte ruht auf kleinen gusseisernen Consolen, welche mit Cement in der Mauer befestigt wurden, dieselben haben vorn eine kleine vorstehende Leiste, die in einen Einschnitt der Zwischenträger eingreift. Auf den Zwischenträgern und der Mauerlatte sind die geriffelten Bleche mittelst Holzschrauben befestigt.

Die schmiedeeisernen Consolen übertragen ihren Druck ebenfalls auf gusseiserne, mit Cement in der Mauer befestigte Platten c, Fig. 687. Der Anker a, zwischen den beiden Winkeleisen der oberen Gurtung befestigt, hat die Console im Gleichgewicht zu erhalten, wogegen der Anker b für die Belastung eigentlich ganz überflüssig ist und nur die Console an der Mauer festzuhalten hat. Kennt man die Belastung einer Console, so lässt sich die Anstrengung des Ankers a leicht ermitteln. Wenn die Gallerie mit Menschen dicht besetzt ist, kann man als Nutzlast etwa 400 Kilogr., als Eigengewicht der Construction 100 Kilogr., also als gleichmässig vertheilte Gesammtlast $P = 500$ Kilogr. pro □ Meter annehmen; darnach erhält jedes Consol der 1,2 Meter breiten Gallerie eine Belastung von 1,2 · 3,3 · 500 = 1980 Kilogramm.

Bei der Belastung findet eine Drehung des Consols um den Punkt c, Fig. 687, statt und die gleichmässig vertheilte Last kann man in ihrem Schwerpunkte concentrirt nach Fig. 42 angreifend denken, dann wird nach Formel (31) das Angriffsmoment:

$$M = \frac{Pl}{2} = \frac{1980 \cdot 120}{2} = 118800 \text{ Centim.-Kilogramm.}$$

Bezeichnet man die in dem Anker a auftretende Kraft mit X und die Höhe des Consols mit $h = 47$ Centim., so hat man in Bezug auf den Drehpunkt c die Momentengleichung:

$$0 = X \cdot h - M = X \cdot 47 - 118800, \text{ oder:}$$

$$X = + \frac{118800}{47} = + 2528 \text{ Kilogramm.}$$

Belastet man den Anker a mit 800 Kilogr. pro □ Centim., so werden 2528/800 = 3,2 □ Centim. Querschnitt erforderlich, wofür ein Durchmesser von 2,3 Centim. angenommen ist. In derselben Weise lässt sich auch leicht die Inanspruchnahme der Gurtungen ermitteln.

Wegen der bedeutenden Höhe, in der die Gallerie angebracht ist, musste für ein kräftiges Geländer gesorgt werden, damit nicht bei dem Betreten der Gallerie das Gefühl der Unsicherheit aufkommen kann. Die gusseisernen Geländerstäbe sind desshalb ziemlich steif construirt und mit 2 Schrauben auf dem ⊏-Eisen befestigt, ausserdem werden die Stäbe aber noch durch schmiedeeiserne Stützen e, Fig. 687, gehalten, die ihren Druck auf kleine gusseiserne, an dem ⊏-Eisen befestigte Consolen d übertragen. Auf den Geländerstäben ist ein 6 × 30 Millim. starkes Flacheisen aufgeschraubt und hierauf ist die hölzerne Handleiste mittelst Holzschrauben von unten befestigt.

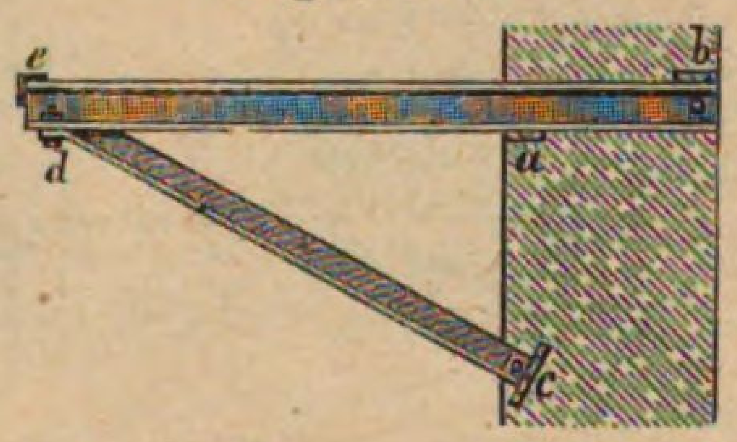
Gallerien, deren **I**-Träger wie in Fig. 685 in die Mauer eingesteckt werden, kann man sehr gut mit guten Ziegeln und Cementmörtel $^1/_4$ Stein stark einwölben, wie dies der Längenschnitt Fig. 690 andeutet. Zur horizontalen Ausgleichung der Räume oberhalb der etwa 1 Meter von Mitte zu Mitte entfernten Träger t verwendet man Dachsteine und die fertigen Kappen übergiesst man noch mit dünnem Cementmörtel, damit alle Fugen vollständig ausgefüllt werden. Nachdem die Kappen sorgfältig abgeglichen sind, kann man den Fussboden entweder aus Cementguss, oder wenn die Gallerie im Freien angebracht ist, besser aus einer $1^1/_2$ bis 2 Centim. starken Asphaltschicht herstellen. Bildet die Gallerie in den Gebäudeecken einen rechten Winkel, so wird in jeder Ecke gewöhnlich eine böhmische Kappe von quadratischer Grundform ausgeführt.

Fig. 690.



Bei stark belasteten Gallerien unterstützt man das vordere Ende der **I**-Träger zweckmässig, wie in Fig. 691 angedeutet, durch Streben aus ⊤-Eisen, deren Steg bei d in schräger Richtung abgehauen ist, während ein überstehendes Flantschstück mit dem **I**-Träger durch Schrauben verbunden wird. In diesem Falle brauchen die **I**-Träger nicht tief in die Mauer einzugreifen, wie es geschehen müsste, wenn die Streben $c\,d$ nicht vorhanden wären, indem dann jeder **I**-Träger von den Platten a und b im Gleichgewichte erhalten wird; doch müssen die Träger mit der Mauer gut verankert sein, weil die Last bei Anwendung einer Strebe das Bestreben hat, die **I**-Träger aus der Mauer herauszuziehen. Am Fusse der Strebe wird eine genügend grosse Platte c befestigt, die den Strebendruck auf die Mauer vertheilt. Das Winkeleisen e dient zur Verbindung der Träger untereinander.

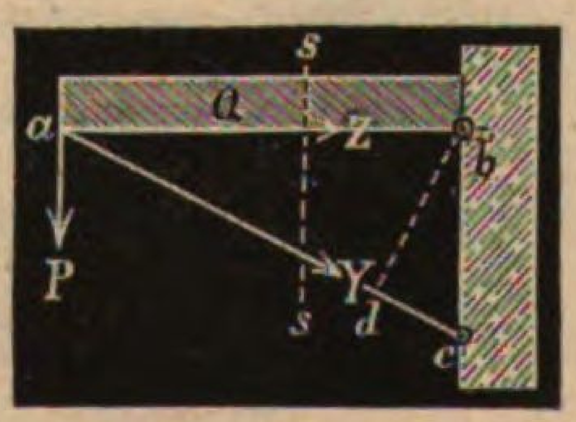
Fig. 691.



Ruht auf dem **I**-Träger $a\,b$, Fig. 692, die gleichmässig vertheilte Last Q, so wird dieselbe zur Hälfte nach dem Stützpunkte a und zur andern Hälfte nach b übertragen, die in a angreifende Last P ist also gleich $^1/_2\,Q$. Hiernach lässt sich die Spannung Z in dem Träger $a\,b$ und Y in der Stütze $a\,c$ leicht ermitteln, wenn man den Schnitt $s\,s$ führt und den Punkt b resp. c als Drehpunkt betrachtet. In Bezug auf den Drehpunkt c ergiebt sich die Momentengleichung:

$$0 = Z \cdot \overline{bc} - P \cdot \overline{ab}, \text{ oder } Z = + \frac{P \cdot \overline{ab}}{\overline{bc}} \quad . \quad . \quad . \quad (275)$$

Fig. 692.



Diese Zugkraft würde den Träger aus der Mauer herausziehen, ihr entsprechend muss daher die Verankerung eingerichtet sein. In Bezug auf den Drehpunkt b wirkt die Kraft Y an dem Hebelarm $b\,d$, demnach erhält man die Momentengleichung:

$$0 = -Y \cdot \overline{bd} - P \cdot \overline{ab}, \text{ oder es wird:}$$

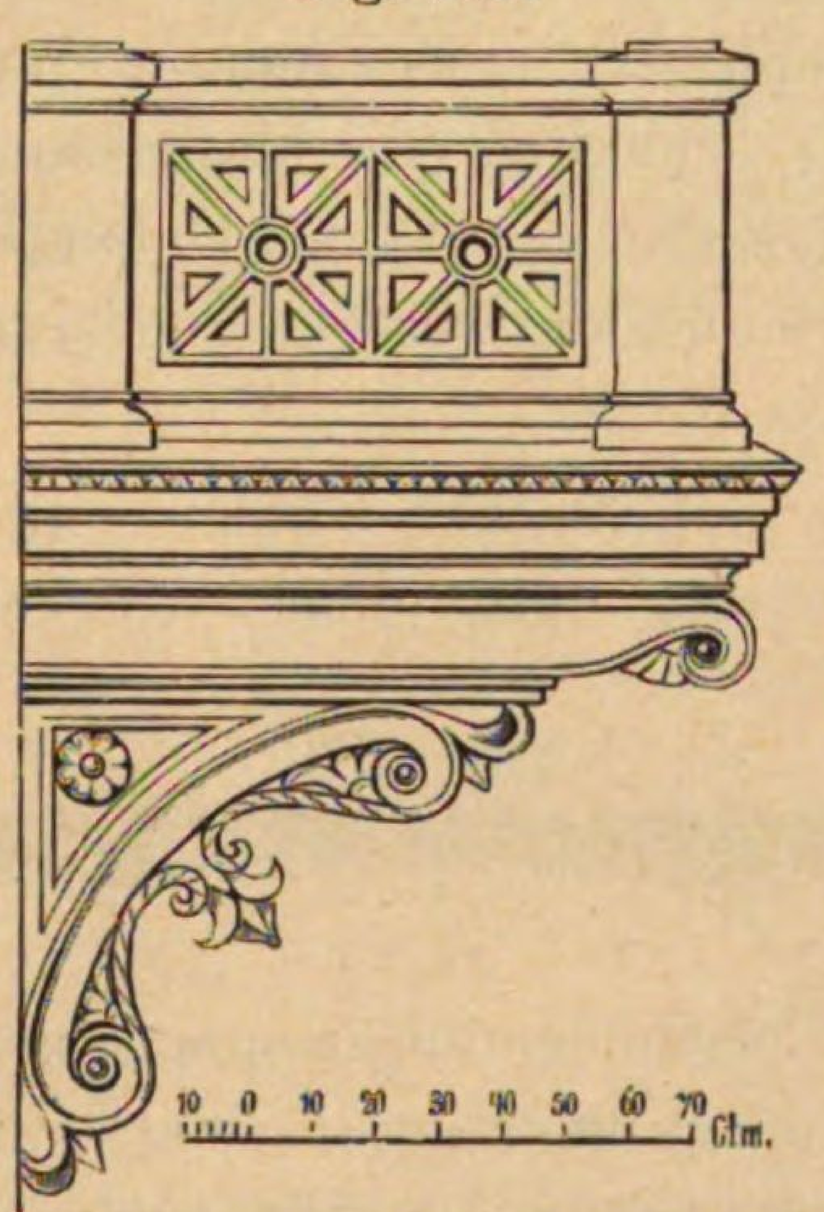
$$Y = -\frac{P \cdot \overline{ab}}{\overline{bd}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (276)$$

Nach dieser Druckkraft ist die Tragfähigkeit der Strebe zu bestimmen.

§. 106. Construction der Balkons.

Ganz ähnlich wie die Gallerien werden auch die Balkons construirt, welche man an den Fronten der Gebäude zur Unterbrechung der Gleichförmigkeit sowie zum Schmuck der Façaden anbringt, und die den Bewohnern des Hauses im Sommer angenehme Sitzplätze gewähren. Fig. 693 giebt die Seitenansicht eines Balkons, der von dem Architekten Herrn **Spielberg** für ein Wohnhaus in Halle a/S. ausgeführt ist. Gewöhnlich werden die eisernen Träger, worauf der Balkon ruht, durch decorirte Consolen aus Zinkguss, getriebenem Zinkblech, oder aus Cementguss oder gebranntem Thon verkleidet. Das Ornament richtet sich natürlich nach dem angewendeten Baustyl, doch muss es immer den Character des Tragenden zur Erscheinung bringen. Der Fussboden des Balkons besteht in der Regel aus mindestens 8 Centim. starken Steinplatten, er wird jedoch auch zuweilen aus Ziegeln, $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stein stark, gewölbt, wobei die **I**-Träger als Widerlager dienen und daher vorne miteinander verankert werden. Im letzteren Falle umgiebt man die Träger mit einem Netz aus schwachem Eisendraht, woran der Cementputz gut haftet; der Draht hat unter dem Cement eine grosse Dauer, da Cementüberzug das Eisen gegen Rost schützt.

Fig. 693.



Einige andere Balkonconstructionen geben die Fig. 694 bis 696 in perspectivischer Ansicht. Fig. 694 zeigt einen Balkon mit massiven Sandsteinträgern, welche noch von anderen Consolsteinen unterstützt werden; die Fussbodenplatte besteht ebenfalls aus Sandstein. Das zierliche Brüstungsgeländer ist der Leichtigkeit wegen aus Schmiedeeisen construirt. Die Balkons Fig. 695 und 696 werden von 4 Trägern unterstützt, welche mit Consolen aus Zinkguss umkleidet sind. Die Brüstungen beider Balkons bestehen aus massiven Pfeilern, die auch oft als Postamente zum Aufstellen von Blumenvasen oder Figuren dienen. Als Füllungen zwischen den Pfeilern sind in Fig. 695 gusseiserne Geländer angewendet, in Fig. 696 dagegen Formstücke aus gebranntem Thon. Sehr oft verwendet man zu diesem Zwecke Balustradedocken aus Stein, Zinkguss, gepresstem Zinkblech, oder aus Terracotta.

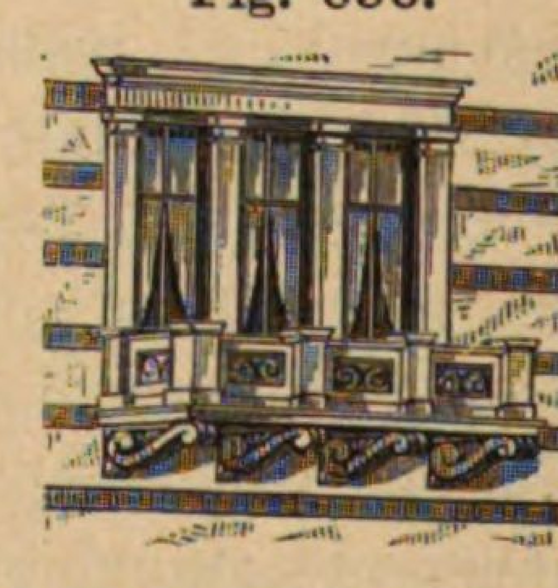
Fig. 694.



Fig. 695.

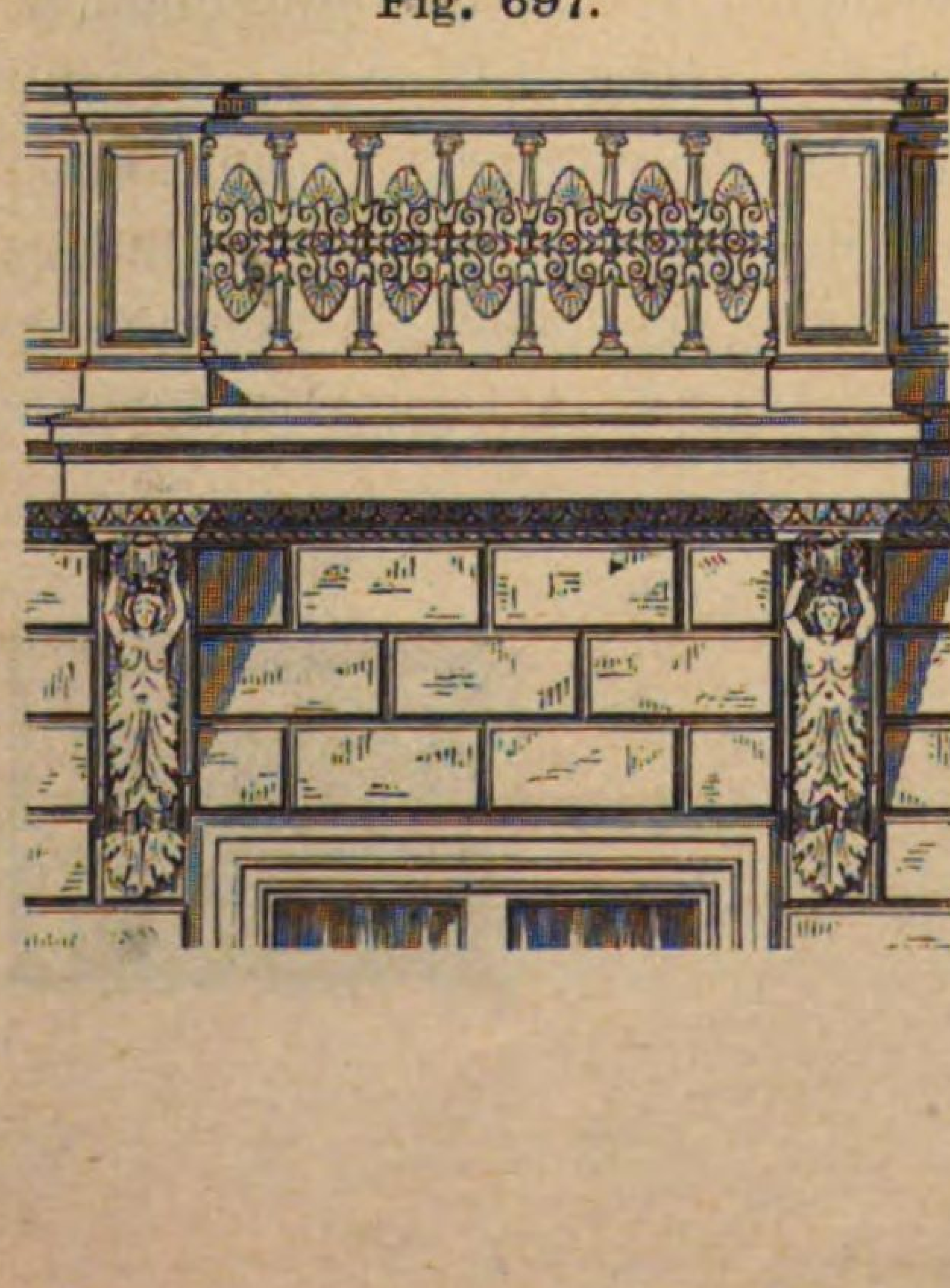


Fig. 696.



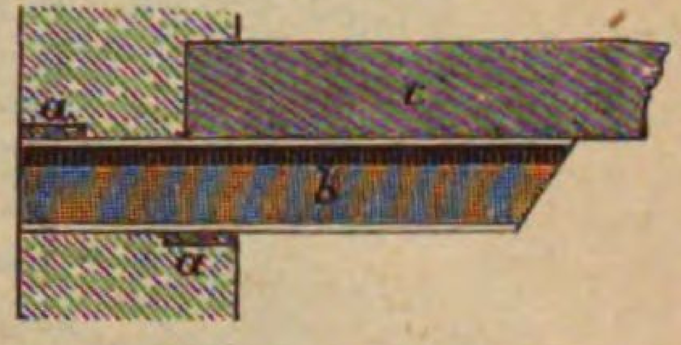
Die Vorderansicht eines Balkons, der von dem Herrn Geh. Baurath **F. Hitzig** für ein Wohnhaus zu Berlin ausgeführt wurde, ist in Fig. 697 dargestellt; die Füllungen zwischen den Pfeilern bestehen aus Gusseisen, die Consolen aus Zinkguss.

Fig. 697.



Wird der Fussboden eines Balkons aus Sandsteinplatten hergestellt, so kann man denselben nach Fig. 698 stützen, indem man unter den Platten *c*, die in einen Falz der Mauer eingreifen, die gewalzten **I**-Träger *b* zwischen den gusseisernen Unterlagsplatten *a* einmauert. Nicht immer kann man die Steinplatten so gross herstellen, dass sie von einem Träger zum andern reichen, man stosst dann die Platten stumpf zusammen und verbindet sie an den Stossstellen durch eiserne Zapfen, welche in beide Plattentheile ziemlich tief eingreifen. Nachdem die Steinplatten, in deren Löcher die Eisenzapfen vorher eingesteckt werden, gut aneinander gerichtet und unterstützt sind, giesst man die Zapfen mit Cement darin fest, ebenso werden die Platten auch mit Cement in dem Mauerfalz festgegossen.

Fig. 698.



Wenn die gewalzten **I**-Träger nicht, wie in Fig. 691, durch Streben unterstützt werden, so muss man dieselben genügend hoch nehmen, damit ihre Durchbiegung möglichst gering bleibt.

Beispiel. *Das Eigengewicht und die zufällige Last eines Balkons von* 2 *Meter Breite und* 1,2 *Meter Ausladung betrage pro* □ *Meter* 800 *Kilogr., dann ist die Last des ganzen Balkons* 2 · 1,2 · 800 = 1920 *Kilogr.; wird dieselbe von* 2 *Trägern aufgenommen, so erhält jeder Träger eine gleichmässig vertheilte Belastung* Q = 960 *Kilogramm. Die Träger seien nach Fig.* 698 *eingemauert, ihre freie Länge betrage* 1,1 *Meter und die Mauer sei* 2 *Stein* = 51 *Centim. stark. Das erforderliche Widerstandsmoment des Trägerquerschnittes erhält man nach Fig.* 42 *und Formel* (31) *S.* 39, *wenn man* $k = 700$ *Kilogr. annimmt:*

$$W = \frac{Ql}{2k} = \frac{960 \cdot 110}{2 \cdot 700} = rot.\ 76\ \textit{Centim.-Kilogramm.}$$

Nach Tab. X, S. 323, *findet man hiernach ein Trägerprofil von* $H = 12$ *und* $B = 7$ *Centim., welches ein Trägheitsmoment* $J = \frac{1}{2} H \cdot W = 6 \cdot 76 = 456$ *hat. Als grösste Durchbiegung* x *hält man in der Regel* $\frac{1}{1000}$ *der Trägerlänge für zulässig. Diese Durchbiegung* x, *welche die Träger bei voller Belastung annehmen, findet man nach Formel* (33), *S.* 40, *wenn man daraus das Glied* $\frac{1}{3} P$ *weglässt. Es ist:*

$$x = \frac{\frac{1}{8} Q}{E \cdot J} \cdot l^3 = \frac{\frac{1}{8} \cdot 960}{2000000 \cdot 456} \cdot 110^3 = 0{,}18\ \textit{Centimeter;}$$

demnach würde man das Trägerprofil zweckmässig etwas höher wählen, damit die Durchbiegung geringer ausfällt.

Werden die Unterlagsplatten a, Fig. 698, 7 *Centim. breit angenommen, so beträgt ihr Abstand von Mitte zu Mitte* 44 *Centim.; die Last Q kann man nach Fig.* 42 *in ihrem Schwerpunkte concentrirt angreifend denken, der um* $\frac{1}{2} \cdot 1{,}2 = 0{,}6$ *Meter von der Vorderkante der Platte a absteht, ihr Hebelarm beträgt also* $60 + 3{,}5 = 63{,}5$ *Centimeter. Damit nun der Träger im Gleichgewicht erhalten wird, muss die obere Platte a einen Gegendruck X leisten und es muss sein:*

$$Q \cdot 63{,}5 = X \cdot 44,\ \textit{oder}\ X = \frac{Q \cdot 63{,}5}{44} = \frac{960 \cdot 63{,}5}{44} = 1380\ \textit{Kilogr.}$$

Die untere Platte erhält einen Druck $Q + X = 960 + 1380 = 2340$ *Kilogr.; ruht die Platte auf Ziegelmauerwerk, welches pro* □ *Centim. mit etwa* 6 *Kilogr. belastet werden darf, so müsste dieselbe* $\frac{2310}{6} = 390$ □ *Centim. Auflagerfläche, oder bei* 7 *Centim. Breite* $\frac{390}{7} = 56$ *Centim. Länge erhalten, in diesem Falle müsste sie steif genug construirt werden, damit sie ohne einzubiegen den Druck auf ihre Lagerfläche gleichmässig vertheilt übertragen kann. Man würde anstatt eine Gussplatte hier besser ein* **I**-*Eisen als Unterlage anwenden.*

Die zur Bekleidung der Balkonträger am meisten gebräuchliche Consolform ist in Fig. 305, S. 148, dargestellt, einige andere Formen sind nebenstehend skizzirt. Fig. 699 zeigt die Vorder- und Seitenansicht eines Consols, welches von Herrn Baurath **A. Cremer** für das Anatomiegebäude zu Berlin entworfen ist. Fig. 700 ist von Herrn Prof. **Joseph Durm** als Bogenanfang für ein Brücken-Portal in Gusseisen ausgeführt.

Fig. 699.

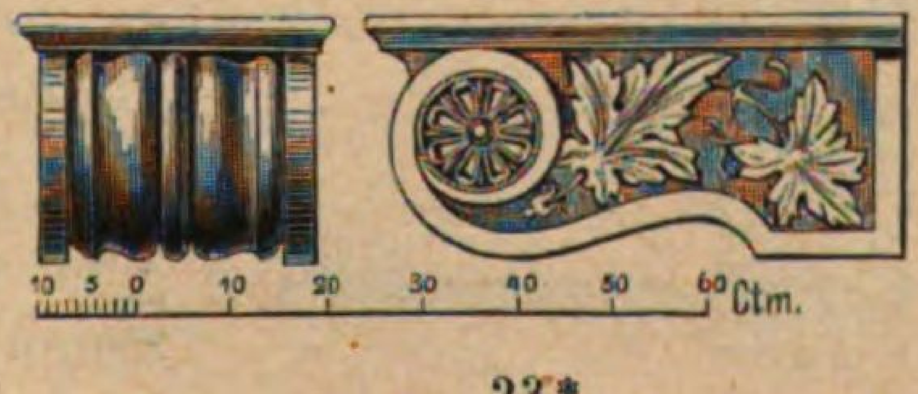
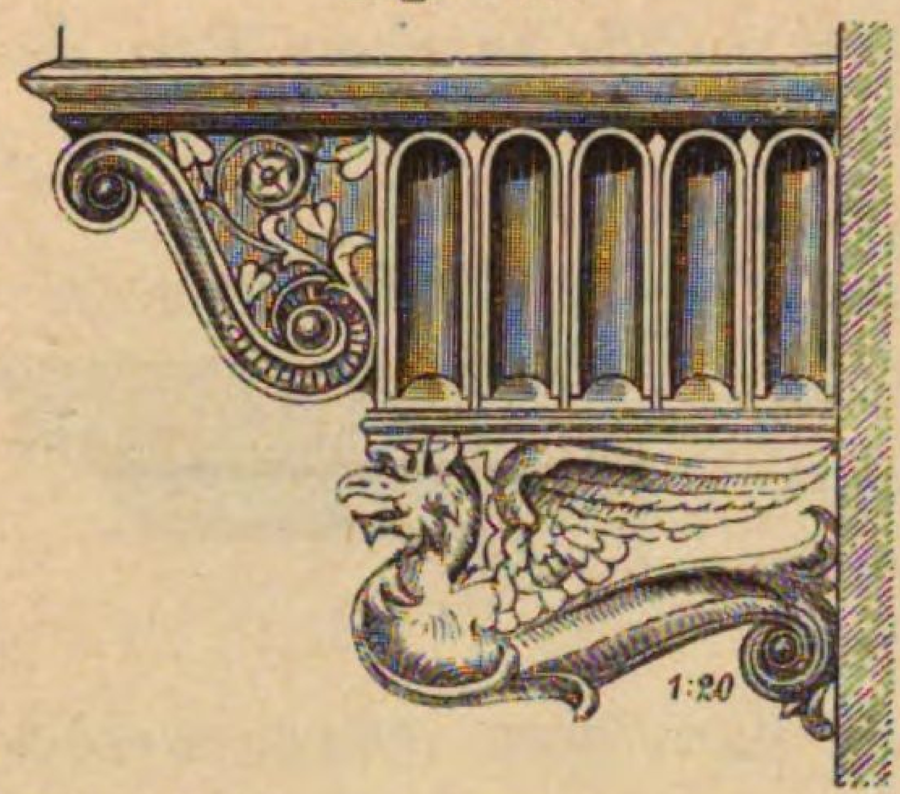


Fig. 700.



Wegen ihrer Leichtigkeit und Billigkeit empfehlen sich namentlich die Consolen aus Gusszink oder aus getriebenem Zinkblech, da dieselben leicht zu befestigen sind und eine grosse Dauer haben. Zinkgussconsolen werden von **F. Kahle und Sohn** in Potsdam, von **Schäfer und Hauschner** in Berlin, von **L. Th. Lange**, **A. Castner** daselbst etc. geliefert. Consolen aus Zinkblech gepresst werden angefertigt von **Franz Manoschek** in Wien, von **H. Mulack** und von **Ferd. Thielemann** in Berlin etc.

Das Consol Fig. 701 gehört zu dem Balkon, der in Fig. 697 dargestellt ist; dasselbe besteht aus Zinkguss. Ein aus diesem Material hergestelltes reich ornamentirtes Consol von 74 Centim. Ausladung und 73 Centim. Höhe kostet bei **Schäfer und Hauschner** in Berlin 57 Mark; ein anderes Consol von 1,24 Meter Ausladung und 63 Centimeter Höhe kostet bei derselben Firma 114 Mark. Bei **Ferd. Thielemann** in Berlin kostet ein Balkonconsol von 1,16 Meter Ausladung aus Zinkblech getrieben 75 Mark, ein solches von 40 Centimeter Ausladung $25\frac{1}{2}$ Mark.

Fig. 701.

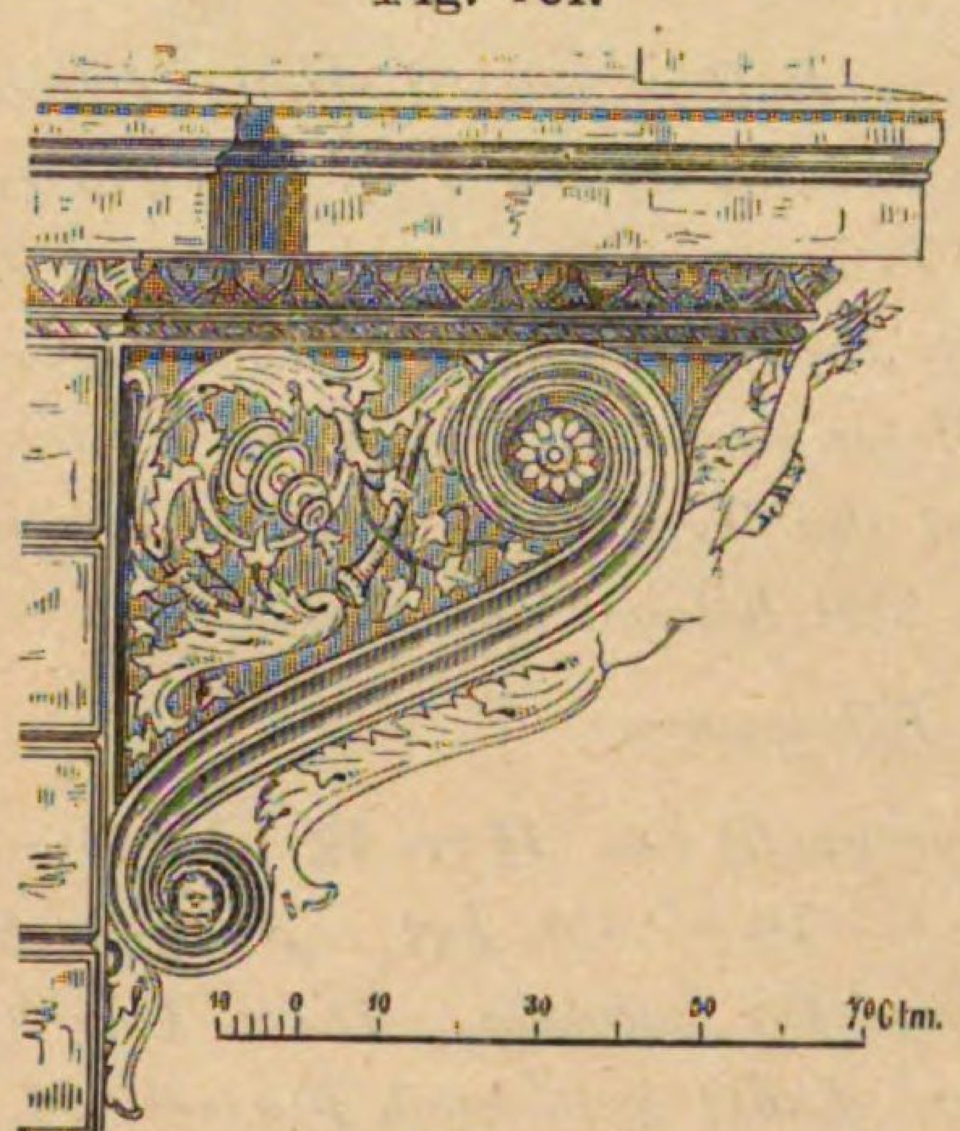
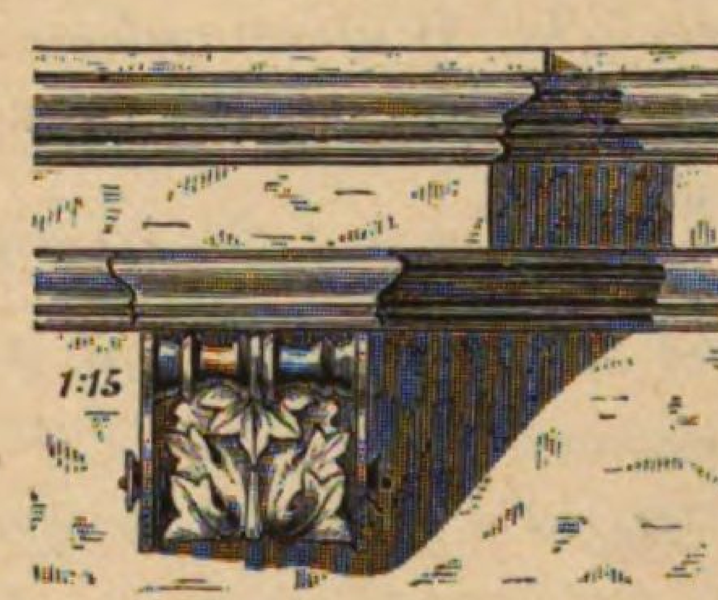


Fig. 702.



Die vordere Ansicht eines Consols mit der darüber liegenden Fussbodenplatte des Balkons giebt Fig. 702. Dasselbe ist von **Stüler** entworfen.

§. 107. Construction der Erker.

Mehr noch als die Balkons tragen die geschlossenen Erker zum Schmucke der Façaden bei; sie werden entweder nur für das Hauptgeschoss eines Gebäudes oder durch mehrere Stockwerke aufgeführt und in ähnlicher Weise wie die Balkons aufgebaut. Die Grundrissform der Erker ist meistens ein Rechteck, wie es die perspectivische Ansicht Fig. 703 zeigt, und werden hierbei am zweckmässigsten nur Träger unter der Fussbodenplatte angewendet, welche die ganze Last des Erkers aufzunehmen haben. Das Gebälk und die Decke des Erkers kann man in der Weise herstellen, dass man zwischen den massiven Pfeilern scheitrechte Bogen einspannt, die natürlich untereinander und mit der Frontmauer gut verankert sein müssen, und hierzwischen eine flachgewölbte Kappe $\frac{1}{4}$ Stein stark in Cementmörtel ausführt. Diese Kappe wird mit Asphalt abgedeckt, wenn der Erker als offener Balkon endigt, schliesst derselbe aber mit einem Dache ab, so ist eine Zinkblechabdeckung am meisten zu empfehlen; damit aber das von dem Zinkblech abfliessende Wasser die Seitenwände des Erkers nicht beschmutzen kann, giebt man dem Zinkblech einen Silicat-Anstrich (vergl. S. 276).

Fig. 703.

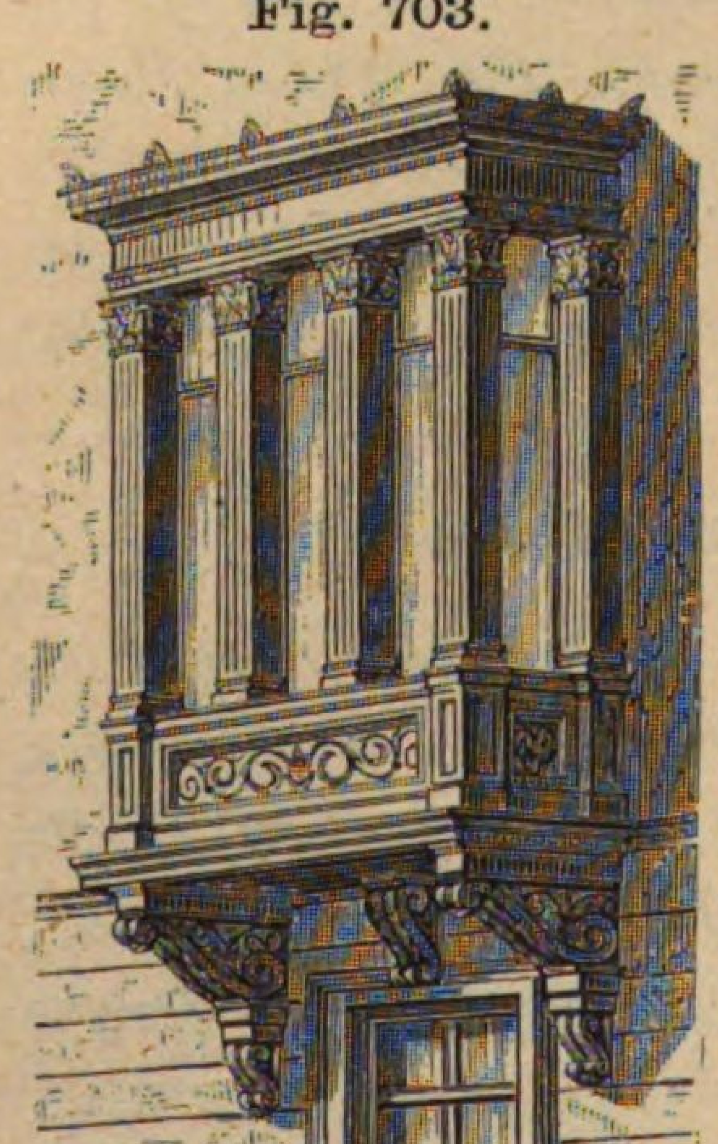
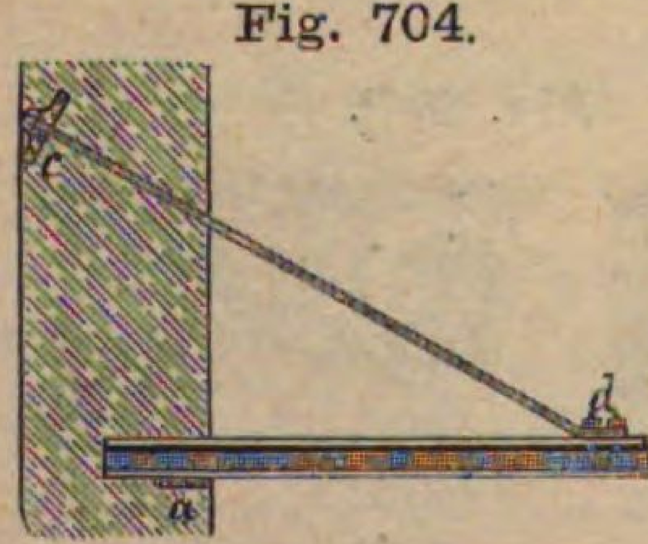


Fig. 704.

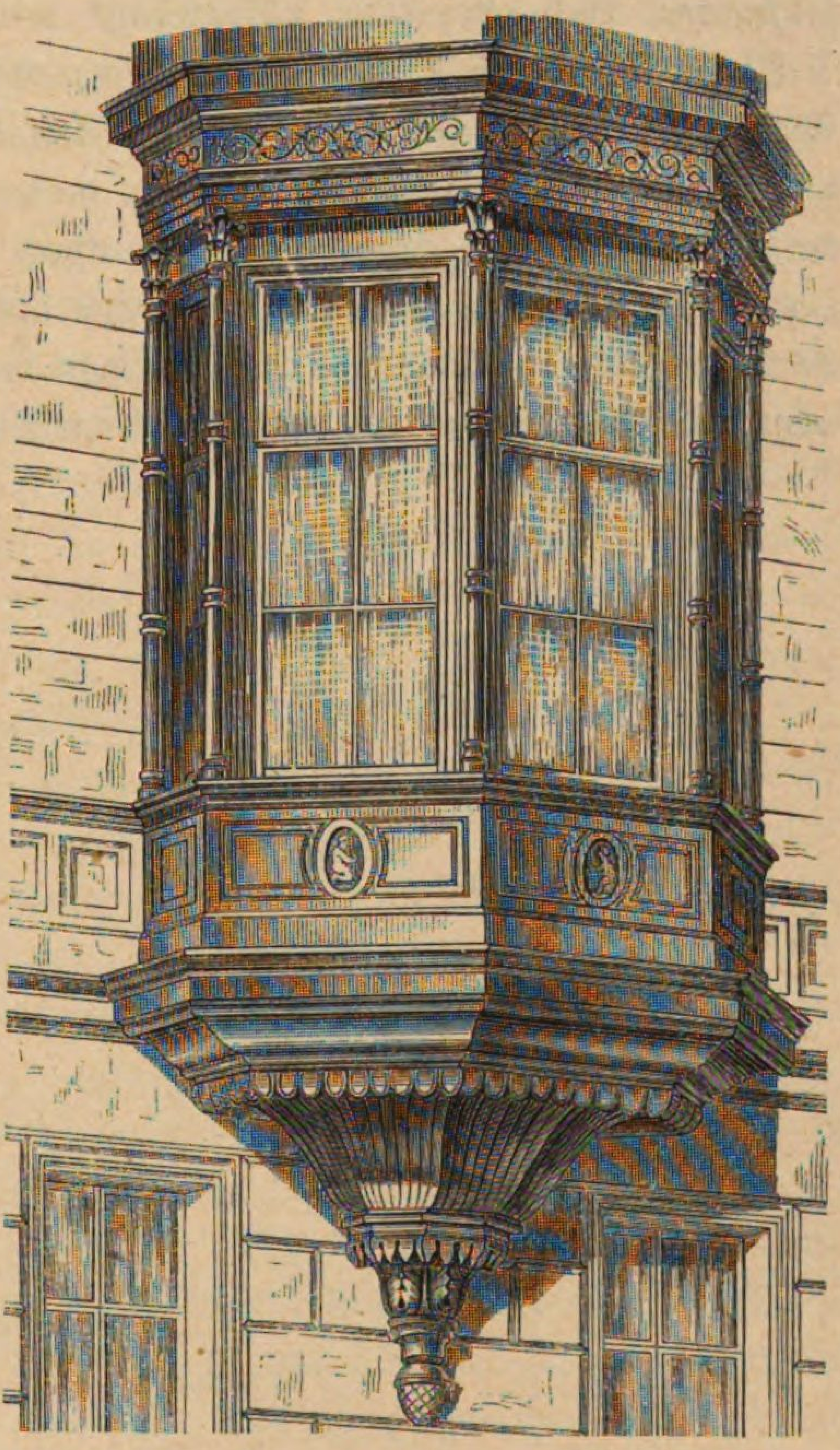


Anstatt die Träger nach Fig. 691 durch Streben zu unterstützen, kann es bei Erkerbauten zuweilen zweckmässiger sein, sie durch geneigte Zugbänder in der Frontmauer aufzuhängen, wie es in Fig. 704 angedeutet ist; dann muss aber die Frontmauer, ähnlich wie in Fig. 1, **Blatt 6**, in horizontaler Richtung

mit der Balkenlage verankert werden, um ein Ausbauchen der Mauer zu verhindern. Die geneigten Anker können aus Rundeisen bestehen, woran vorne bei *d* ein breiterer Lappen angeschweisst ist, der durch Schraubenbolzen eine solide Verbindung mit dem oberen Flantsch der Träger gestattet; bei *c* würde jeder Anker mit einer Schraubenmutter zu versehen sein, welche die Anspannung des Ankers ermöglicht. Unter den Trägern ist zur Druckvertheilung entweder eine entsprechend grosse Unterlagsplatte *a* oder ein Quader anzubringen. Durch das geneigte Zugband werden die Träger bei der Belastung in die Mauer hineingedrückt, es muss daher Sorge getragen werden, dass die I-Träger in der Mauer ein festes Widerlager finden.

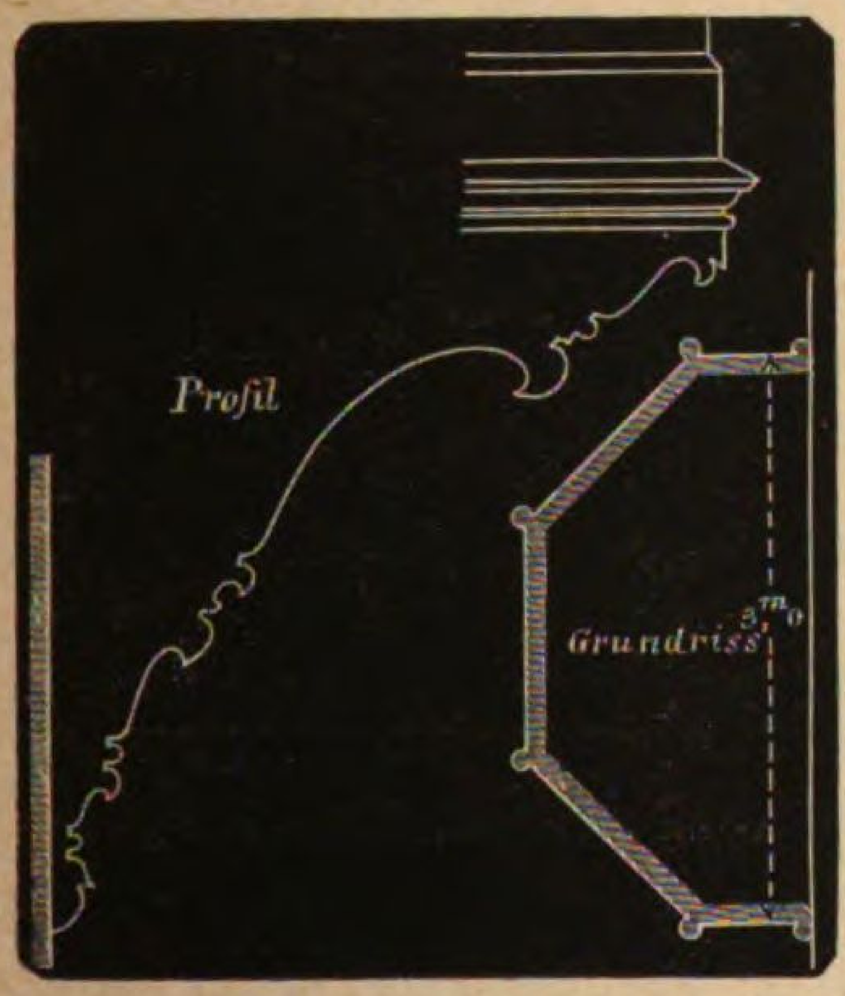
Will man die Fussbodenplatte der Erker aus Ziegeln $^1/_2$ Stein stark einwölben, so befestigt man an den Stirnenden der Hauptträger einen Langträger aus ⊏- oder I-Eisen und spannt zwischen diesen und die Frontmauer eine Kappe ein; von dem Langträger aus kann man auch Zwischenträger auf die Frontmauer legen, und die so gebildeten Felder durch böhmische Kappen schliessen. Die Kappe, zwischen Langträger und Frontmauer eingespannt, ist gut zu verankern, wenn der Träger eine so grosse Länge hat, dass er durch den Schub der Kappe seitlich ausbauchen kann.

Fig. 705.



Der in Fig. 705 dargestellte Erker*) ist von **Stüler** für ein Wohnhaus zu Berlin entworfen und durch 2 Geschosse aufgeführt; für das 3. Geschoss schliesst er als offener Balkon ab. Wie aus Fig. 706 ersichtlich, ist die Grundrissform dieses Erkers die Hälfte eines regelmässigen Achteckes, dessen eingeschriebener Kreis 3 Meter Durchmesser hat. Auf den Ecken stehen schlanke Säulen, deren Details in Fig. 288 und 289 wiedergegeben sind; die erstere Säulenform ist im unteren, die letztere im oberen Geschosse angewendet.

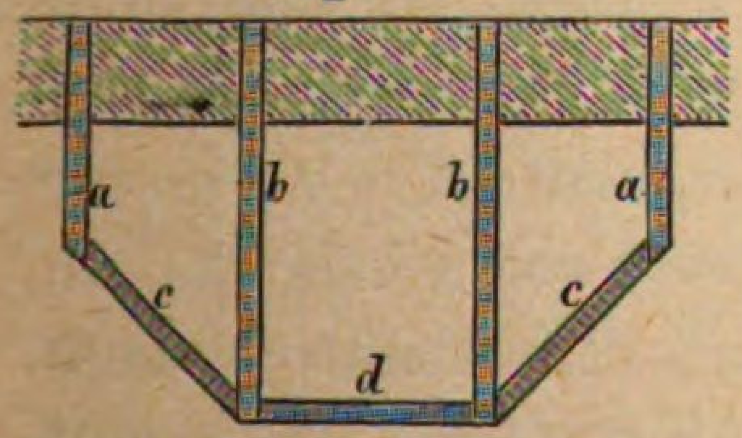
Fig. 706.



In kräftigen aufstrebenden Formen tritt das untere Consol aus der Frontmauer und bringt die Wirkung der Last und die Gegenwirkung des stützenden Consols klar zur Anschauung; das Profil des Consols ist in Fig. 706 dargestellt.

Weit ausladende Erker würden die Frontmauer ausserordentlich stark belasten, wenn man dieselben massiv aufmauern wollte, man construirt daher meistens nur die Brüstungsmauern, die Fussböden und das Gebälk aus Steinmaterial, die übrigen Theile dagegen aus leichteren Materialien. Bei der Ausführung des in Fig. 705 dargestellten Erkers kann man in jeder Etage 4 I-Träger *a* und *b* aus der Frontmauer herausstrecken, in der Weise, wie es Fig. 707 andeutet, und diese durch die Zwischenträger *c* und *d* mittelst

Fig. 707.



*) Mitgetheilt in dem »Architektonischen-Skizzen-Buch« Heft XXIII, Blatt 4. Verlag von Ernst & Korn in Berlin.

Winkellaschen mit einander verbinden. Die kürzeren Träger *a* könnten nach Fig. 698 ohne Streben eingemauert werden, die längeren Träger *b* aber würden zweckmässiger nach Fig. 691 durch Streben zu unterstützen sein. Zur verticalen Verbindung der Balkensysteme aller Geschosse untereinander lassen sich zweckmässig gewalzte T-Eisen mit dem Steg nach aussen gestellt anwenden, die von Geschoss zu Geschoss zwischen je 2 Balkensysteme gestellt und mit Hülfe von Winkellaschen mit den I-Trägern zusammengeschraubt werden; durch diese Verspannung aller Balkensysteme wird die etwaige Ueberbürdung eines Systems verhindert. Bis zur Oberkante der in der Regel nur $^1/_2$ Stein starken Brüstungsmauern werden die verticalen T-Eisen von dem Mauerwerk umschlossen, von hier an umkleidet man sie meistens mit Säulenformen aus getriebenem Zinkblech. Diese Zinkumhüllungen sind nicht im ganzen Umfange, sondern nur auf $^2/_3$ bis $^3/_4$ desselben ausgeführt, so dass sie leicht um die verticalen T-Eisen gelegt und daran befestigt werden können. An den nach dem Innern des Erkers gerichteten Flantschen der verticalen T-Eisen lassen sich die hölzernen Fensterrahmen leicht anschrauben.

Da die Architraven tiefer liegen als die darüber befindlichen Balkensysteme des nächsten Stockwerkes, so muss man zu deren Aufmauerung entweder Flachschienen anwenden, die horizontal gelegt und mittelst vertical hängender Schraubenbolzen an dem folgenden Balkensystem aufgehängt werden, oder man kann zwischen den verticalen T-Eisen leichte I-Träger anbringen, worauf der Architrav aufgemauert wird. In dieser Weise ist das ganze Eisengerippe des Erkers fest miteinander verbunden und die verschiedenen Balkensysteme werden mehr gleichmässig beansprucht, man darf jedoch die verticalen T-Eisen nicht eher zwischen die Balkensysteme bringen, bis sich die Frontmauer gehörig gesetzt hat, weil sonst die Balkensysteme beim Setzen der Mauer zusammenrücken würden, während die T-Eisen ihre Länge nicht ändern, daher entweder ausbauchen oder die Balkensysteme aus ihrer horizontalen Lage bringen müssten.

Achter Abschnitt.

Gebäude, welche grösstentheils aus Eisen hergestellt werden, wie Markthallen, Gewächshäuser, Vorbauten und öffentliche Pissoirs.

§. 108. Construction der Markthallen.

Der Marktverkehr auf öffentlichen Plätzen hat grosse Uebelstände, indem Käufer und Verkäufer dem Wetter ausgesetzt sind, die Waaren durch die Witterungseinflüsse eine Verminderung der Qualität erleiden und der Marktverkehr auf einzelne Tagesstunden beschränkt werden muss, wodurch das Publikum meistens in die Nothwendigkeit versetzt wird, den Bedarf für eine Haushaltung auf mehrere Tage im Voraus einzukaufen. Je mehr die Einwohnerzahl einer grossen Stadt wächst und der Verbrauch der Lebensmittel zunimmt, um so weniger reicht die nächste Umgebung der Stadt aus, den Markt zu füllen; es muss also namentlich der Grosshandel begünstigt werden, der die Waaren in grösseren Massen aus weiteren Entfernungen herbeiholt. Diese Begünstigung ist in den meisten Fällen nur durch Markthallen möglich, wo die Waaren vor dem Verkaufe bequem und sicher untergebracht und zeitweise nicht verkaufte Lebensmittel unbeschadet aufbewahrt werden können, damit der lästige und kostspielige Rücktransport erspart wird.

In neuerer Zeit drängt sich daher den Verwaltungen aller grossen Städte immer mehr die Nothwendigkeit auf, durch Errichtung von Markthallen und Schlachthäusern den Forderungen der öffentlichen Wohlfahrt und des öffentlichen Verkehrs gerecht zu werden. Während in Frankreich, besonders in Paris, die aufeinanderfolgenden Regierungen, von Napoleon I. an, darauf bedacht waren, durch polizeiliche Vorschriften Kauf und Verkauf nach bestimmten Normen zu regeln und Einrichtungen zu treffen, um den Grosshandel von dem Kleinhandel zu trennen, den Verkauf durch privilegirte Makler besorgen zu lassen etc., glaubte man in England am besten einem Mangel an Lebensmitteln, einer plötzlichen Uebertheuerung wie Ueberfüllung des Marktes und Verschleuderung der Waaren vorbeugen zu können, wenn man den Handel vollständig frei erklärte.

Unter diesen entgegengesetzten Ansichten über das Wesen des Marktverkehrs haben sich natürlich auch die constructiven Anordnungen der Markthallen verschiedenartig gestaltet, ganz abgesehen von der Rücksicht, die auf klimatische Verhältnisse zu nehmen war. Die Markthallen Londons zeigen in Bezug auf ihre Einrichtungen im Vergleich zu den Pariser Hallen grosse Einfachheit; sie entbehren jedes äusseren Schmuckes und haben nur den Zweck, Kauf- und Verkaufsgeschäften genügenden Raum und Schutz gegen die Witterung zu schaffen. Die Regierung enthält sich jeder Einmischung; die Verkäufer, Producenten oder Makler, können nach ihrem Belieben en gros oder en detail verkaufen wo und wie sie wollen. Die Verwaltung der englischen Markthallen, die theils den Communen, theils den Zünften oder Privatpersonen gehören, muss sehr einfach sein, da der Handel vollständig frei ist und von den Waaren keine Gebühren erhoben werden. Das Parlament bestimmt durch einen Tarif die Maximal-Marktstandgelder und jeder Markt hat einen Vorsteher, der sowohl das Marktgeld einhebt, wie auch die allgemeine Aufsicht

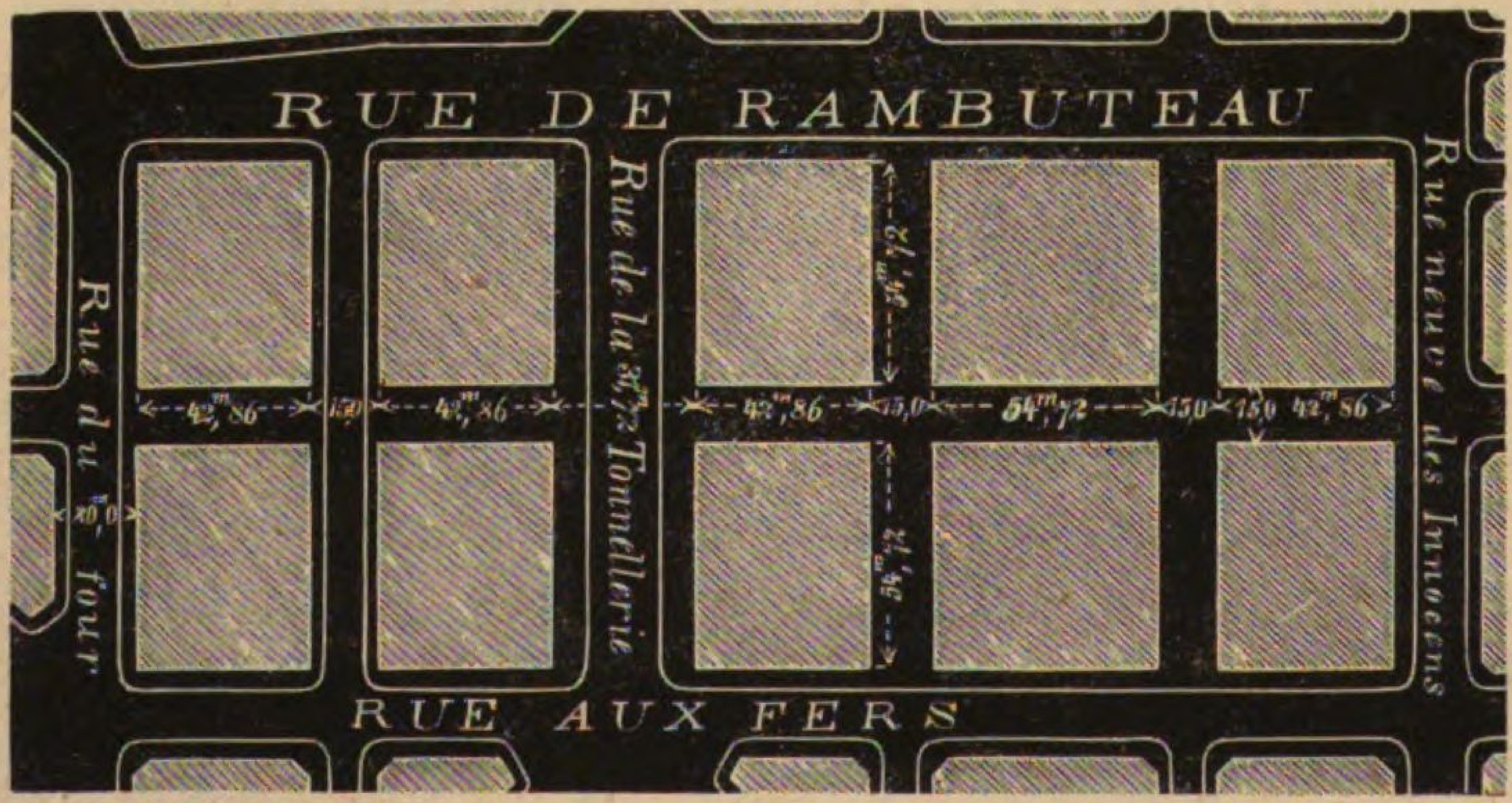
über den Markt führt; bei grösseren Märkten stehen ihm zur Aufrechthaltung der äussern Ordnung noch ein oder zwei Gehülfen zur Seite. Zur sanitätlichen Controle der Lebensmittel werden wohl noch besondere Beamte bestellt. Die Londoner Märkte werden von Producenten gar nicht besucht; der gesammte Handel liegt in den Händen von Maklern (*Salesmen*).

In Paris dagegen müssen alle Lebensmittel, selbst die an Privat- oder Kaufleute direct gesandten, zunächst auf die *Marchés d'approvisionnement* gebracht werden; dieselben sind mit Ausschluss von zwei kleineren Etablissements unter den *Halles centrales* vereinigt. Hier kaufen die Detailhändler ihre Waaren und schaffen sie nach den *Marchés de detail*, deren sich in allen Stadttheilen bedeckte und unbedeckte vorfinden. Von diesen Märkten für den Kleinhandel gehören 12 der Stadt; 5 solche Märkte und Hallen sind auf Grund von Concessionen auf städtischem Terrain von Privatpersonen errichtet, ferner befinden sich 4 im Privateigenthum und 4 die nur als geduldet angesehen werden, haben sich durch den Verkehr gebildet.

Die Pariser Markthallen werden zweifach verwaltet, nämlich durch den Seine-Präfecten und durch den Polizei-Präfecten. Die Lebensmittel werden nicht allein sanitätlich controlirt, sondern alle Stadien des Kaufes und Verkaufes werden sorgsam überwacht, um die Käufer vor Uebervortheilungen und sonstigen Nachtheilen zu schützen und um die Einnahmequellen der Stadt möglichst ergiebig zu machen. Unter den verschiedensten Titeln erhebt die Präfectur in den *Marchés d'approvisionnement* Abgaben, die z. B. im Jahre 1865 incl. des Octroi 86 Millionen Francs = 68,8 Millionen Mark betrugen, was bei 1,7 Millionen Einwohner pro Kopf 40,5 Mark ausmacht, während in Berlin in demselben Jahre nur 9,9 Mark pro Kopf erhoben sind. Dieses complicirte Verwaltungssystem erfordert eine grosse Zahl von Beamten und werden die Verkäufer durch die Reglements stark belästigt, ohne dass den Consumenten daraus ein wesentlicher Vortheil erwächst. Die freie Entfaltung des Handels wird hierdurch beschränkt und zahllose Unterschleife herbeigeführt.

Die grossartigen Centralmarkthallen (*Halles centrales*) wurden von der Stadt erbaut und bilden den Mittelpunkt des gesammten Pariser Grosshandels. Bereits durch Napoleon I. der Stadt zur Ausführung vorgeschrieben, ist die Inangriffnahme dieser Anlagen durch die Ungunst der Zeitverhältnisse bis zum Mai 1854 verzögert, obgleich der Grundstein hierzu bereits 1851 gelegt war. Die Hallen liegen im Mittelpunkte der Stadt bei der Kirche St. Eustache und stehen durch eine unterirdische ca. 4800 Meter lange Eisenbahn mit dem *Chemin de fer de l'Est* in Verbindung, so dass die Lebensmittel in grossen Massen von allen Bahnhöfen direct in die Kellerräume der Hallen geschafft werden können.

Fig. 708.



Das Project zu den Centralhallen ist von dem im Jahre 1874 verstorbenen rühmlichst bekannten Architekten **Victor Baltard** *) verfasst; derselbe leitete auch die Ausführung des Baues. Der Künstler hat bei dieser fast ganz aus Eisen und Glas bestehenden Anlage in dem Versuche einer ästhetischen Ausbildung der rohen Constructionsform des Eisenbaues Hervorragendes geleistet. Nach der Situation Fig. 708 bestehen die Hallen aus 2 in verschiedenen Zeiträumen errichteten Gebäudegruppen, welche

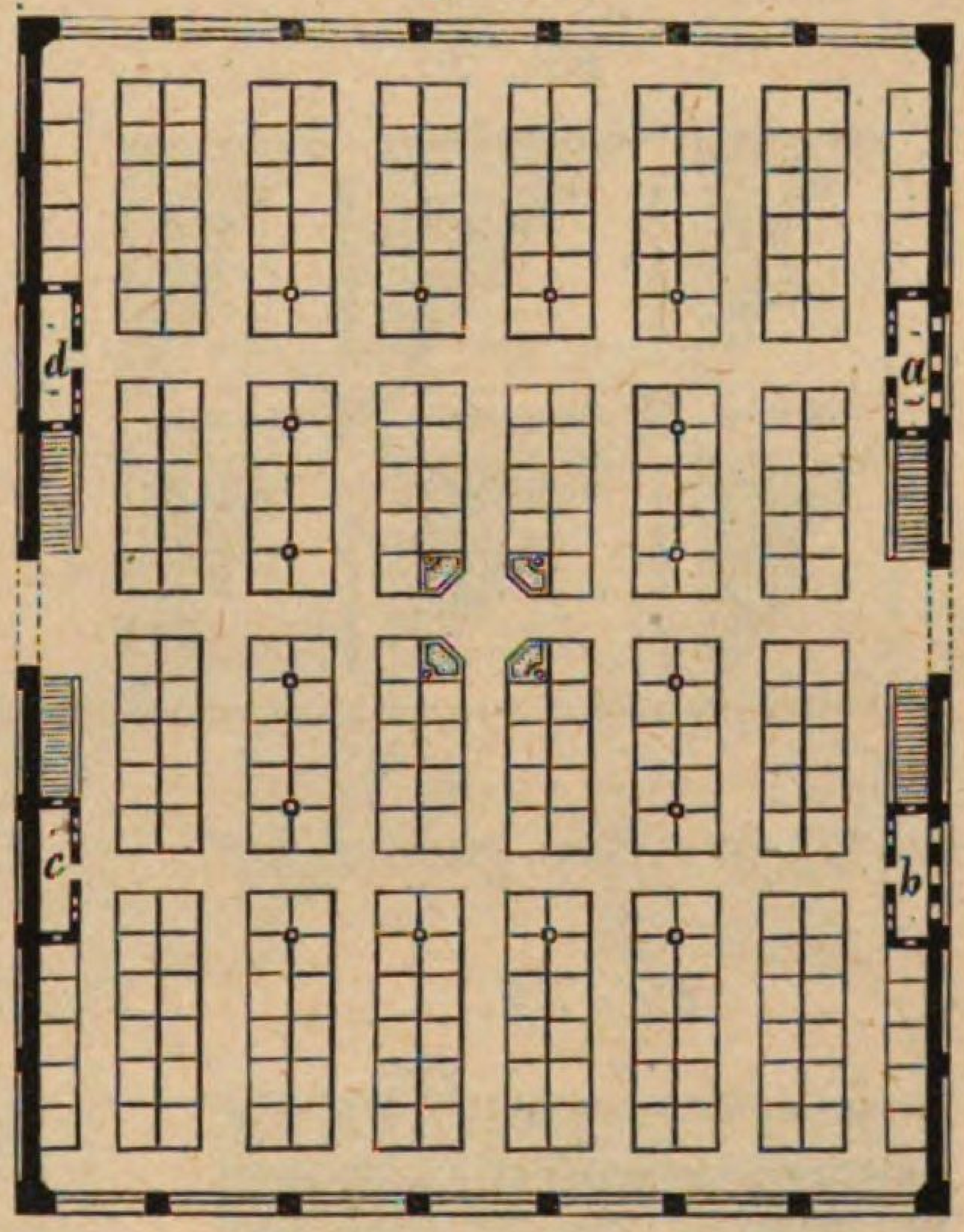
*) Publicirt sind die Hallen ausführlich in dem Werke »*Monographie des halles centrales de Paris par V. Baltard*«. Weitere Mittheilungen findet man in dem »Bericht über Markthallen in Deutschland, Belgien, Frankreich, England und Italien« von **Theodor Risch**, Stadtrath. Berlin 1867, in Commission von Wolf Peiser. Ferner in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1856 und 1868 S. 337, sowie in dem »Lehrbuch der Eisenconstructionen« von **E. Brandt**, Berlin 1871.

durch die *Rue de la Tonnellerie*, jetzt *Boulevard des Halles* getrennt sind; die **östliche,** zuerst ausgeführte Gruppe, ist aus 6 Pavillons gebildet, wovon die beiden mittleren eine quadratische, die 4 übrigen eine rechteckige Grundrissform haben. Die **westliche** Gruppe sollte nach dem ursprünglichen Projecte aus 4 Pavillons bestehen, doch gelang es dem bekannten Seine-Präfecten **Haussmann** die Verbindung der Centralhallen mit der Kornhalle (*Halle au blé*) durchzusetzen, wodurch eine grossartige Gesammtanlage entstanden ist. Fig. 2, **Blatt 17** giebt die Situation des ganzen Bauwerkes; jeder der 12 Pavillons dient für den Verkauf einer bestimmten Gattung von Waaren.

Pavillon I ist für den en gros- und en detail-Verkauf des Schweinefleisches bestimmt; Pavillon II für den en detail-Verkauf von Geflügel und Wild; Pavillon III für den en gros- und en detail-Verkauf von Kalb-, Rind- und Hammelfleisch; Pavillon IV für den en gros-Verkauf von Geflügel und Wild; Pavillon V bis VIII für den en gros- und en detail-Verkauf von Gemüse, Grünwaaren, Früchten und Blumen; Pavillon IX für den Verkauf von Fischen; Pavillon XI für den Verkauf von Austern; Pavillon X und XII für Butter, Eier und Käse.

Der Grosshandel wird von den mit festem Gehalte angestellten Maklern (*Facteurs*) geleitet, für die in den einzelnen Pavillons besondere Bureaus eingerichtet sind. Fig. 709 zeigt die innere Eintheilung des Pavillon No. VIII, der für Hülsenfrüchte und Grünwaaren bestimmt ist; diese kleineren Pavillons haben eine Länge von 54 Meter und eine Breite von 42 Meter. Die Verkaufsstände sind zu 2 Meter im Quadrat angenommen, ebenso haben die Wege 2 Meter Breite erhalten. Dieser Theilung entsprechend sind die in einem Rechtecke aufgestellten 16 Stück gusseisernen Säulen im Innern der kleineren Pavillons, sowohl in der Längenrichtung wie in der Breite, 6 Meter von Mitte zu Mitte entfernt. Jede von den mittleren Gruppen der Marktstände besteht aus 2 Reihen, die eine gemeinschaftliche Rückwand haben, an den Langwänden sind ebenfalls Stände angeordnet. In jedem Pavillon befinden sich Räume *a b c d* für die Marktbeamten und für die Polizei abgetheilt, neben diesen Räumen führen 4 steinerne Treppen in den Kellerraum und zu den Eisenbahngeleisen. Die flachen Kreuzgewölbe des Kellers sind zwischen eisernen Gratbögen eingespannt und werden von eisernen Säulen getragen. Die sich rechtwinklig kreuzenden, im Querschnitte **I**-förmigen Gratbögen sind nach dem Scheitel des Gewölbes zu etwa 15 Centim. hoch, sie sind hier mit einem gusseisernen Rahmen von **⊥**-förmigem Querschnitte verbunden, der die 52 Centim. im Quadrat grosse Glasplatte des Oberlichtes aufnimmt. An den nach beiden Richtungen 6 Meter von einander entfernten Säulen sind die Gratbögen mittelst Schrauben befestigt, sie haben an dieser Stelle etwa eine Höhe von 1 Meter und ist die verticale Rippe derselben hier durchbrochen. Die $\frac{1}{2}$ Stein starken Kreuzkappen haben eine Pfeilhöhe von etwa $1\frac{1}{2}$ Meter und schliessen dieselben ohne Gurtbögen aneinander; durch diese Eigenthümlichkeit wurde eine Richtung der Fugen parallel zur Axe des Gewölbes bedingt. Ausser der Beleuchtung des Kellers durch die Glasplatten im Scheitel der Kreuzgewölbe ist eine vollständige Gasbeleuchtung vorhanden, indem die Zufuhr der Waaren namentlich des Nachts stattfindet.

Fig. 709.



Der Oberbau ist bei allen Hallen gleichartig durchgeführt, im Wesentlichen aus Eisen und Glas, mit massiv ausgemauerten Umfassungswänden. Ausser den 4 Ecksäulen besteht die Umfassung jedes kleineren Pavillons, in den längeren Seiten aus je 8, in den kürzeren Seiten aus je 6 gusseisernen Zwischensäulen. Die theilweise Ansicht eines Pavillons mit der Ansicht eines 15 Meter breiten bedeckten Zwischenweges ist in Fig. 710 nach dem ursprünglichen Projecte skizzirt; bei den kleineren Pavillons wurde der mittlere Aufbau in einer Etage, bei den grösseren aber in zwei Etagen ausgeführt. Die Dächer

sind mit Zinkblech eingedeckt, und zwar auf doppelter Schaalung mit einer darzwischen eingeschlossenen Luftschicht, um die Sonnenwärme möglichst von dem Innern der Hallen abzuhalten. Die Schaalung ist auf hölzerne Fetten genagelt; letztere liegen auf der oberen Flantsche der **I**-förmigen Fetten, welche bei den Pultdächern zwischen die als Binder dienenden ca. 56 Centim. hohen Gitterträger geschraubt sind. Der Säulenstellung entsprechend wurden die Binder in 6 Meter Abstand aufgestellt. Zugstangen sind aus ästhetischen Gründen bei der Dachconstruction so viel wie irgend möglich vermieden worden. In Fig. 711 ist die Aufsicht auf

Fig. 710.

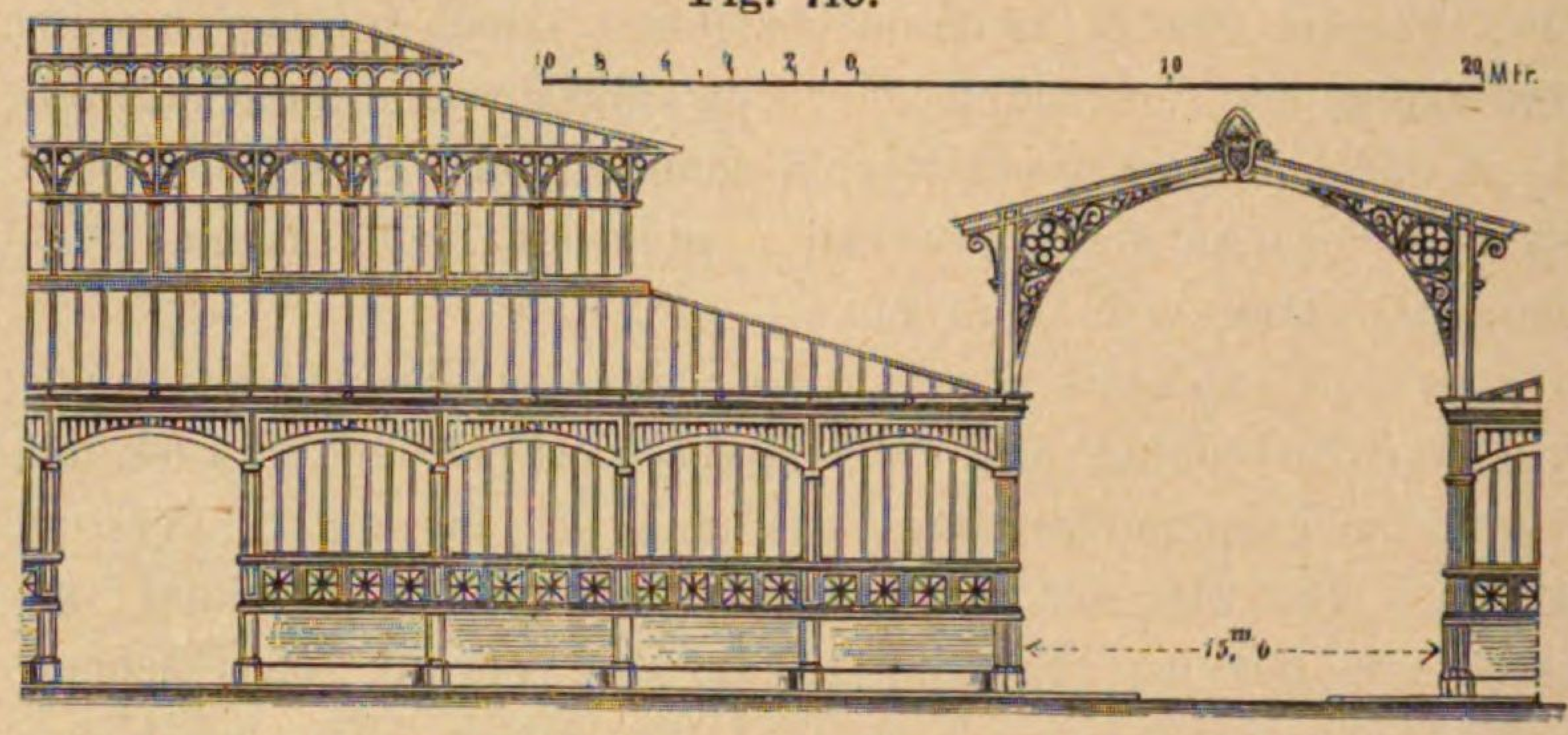


Fig. 711.

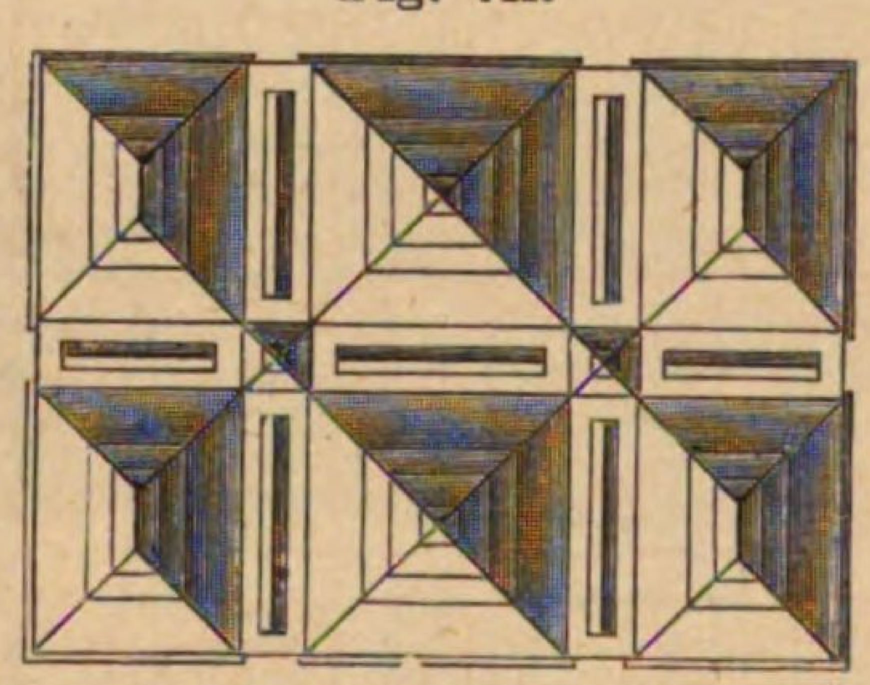


Fig. 712.

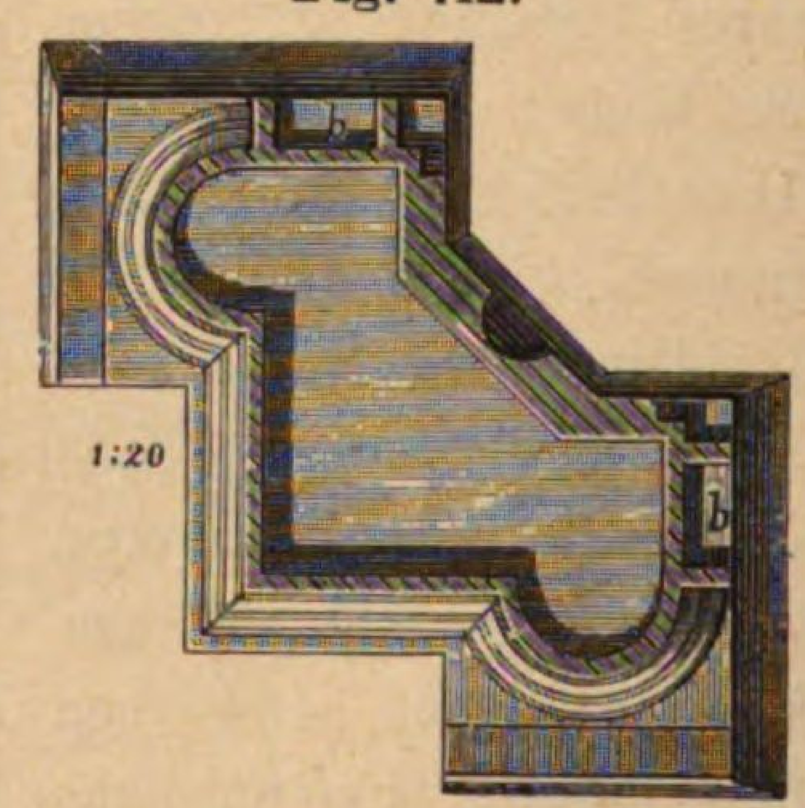
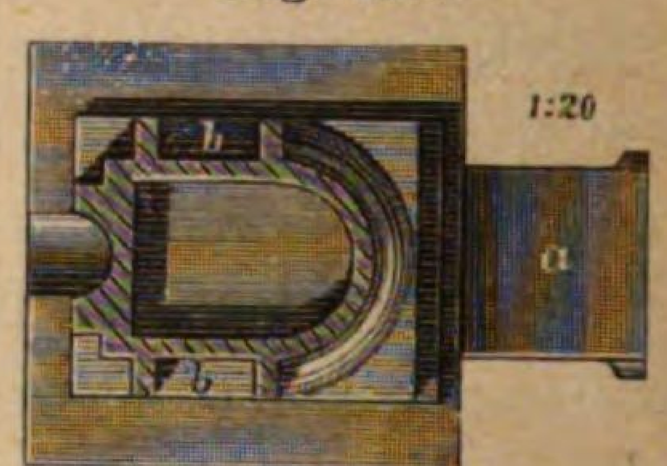


Fig. 713.



die Dächer des ganzen östlichen Hallencomplexes dargestellt, hieraus ist auch die Ueberdeckung der zwischen den Hallen liegenden Wege zu ersehen. Die Umfassungswände sämmtlicher Pavillons bestehen aus einem Sandsteinsockel und aus einer niedrigen Backsteinmauer, die $^1/_2$ Stein stark zwischen gusseisernen Säulen eingespannt ist. Fig. 712 zeigt einen Horizontalschnitt durch eine Ecksäule, Fig. 713 einen solchen durch eine Zwischensäule. Da die hohlgegossenen Säulen Fig. 713 auch als Abfallrohre dienen, so ist am untersten Ende derselben ein Ausguss *a* angegossen, woraus das Regenwasser in den um sämmtliche Pavillons herumgeführten Canal fliesst, von wo aus dasselbe durch Abzweigungen in die Strassencanäle gelangt. Die Räume *b* zwischen den angegossenen Leisten der Säulen dienen zur Aufnahme der $^1/_2$ Stein starken Backsteinmauer, die zwischen die Leisten greift und von denselben in der lothrechten Stellung erhalten wird.

Fig. 714.

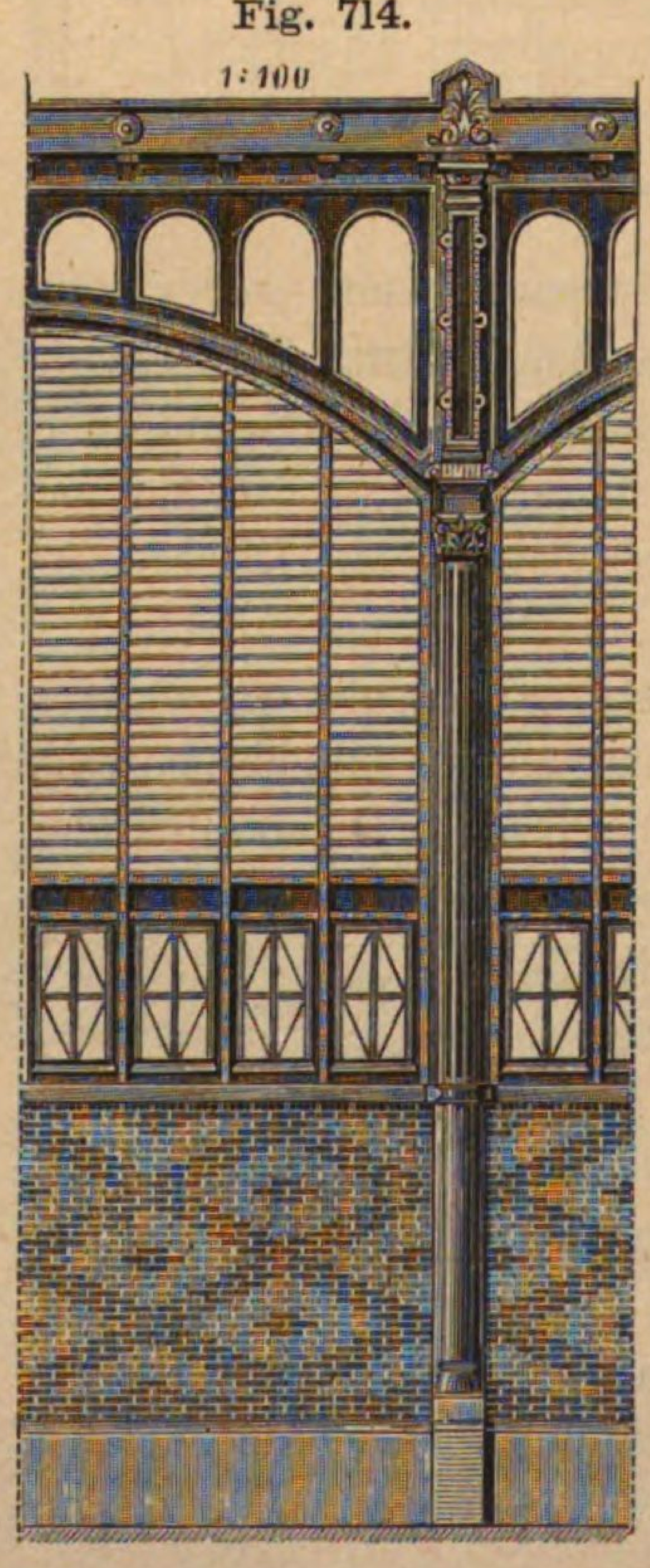
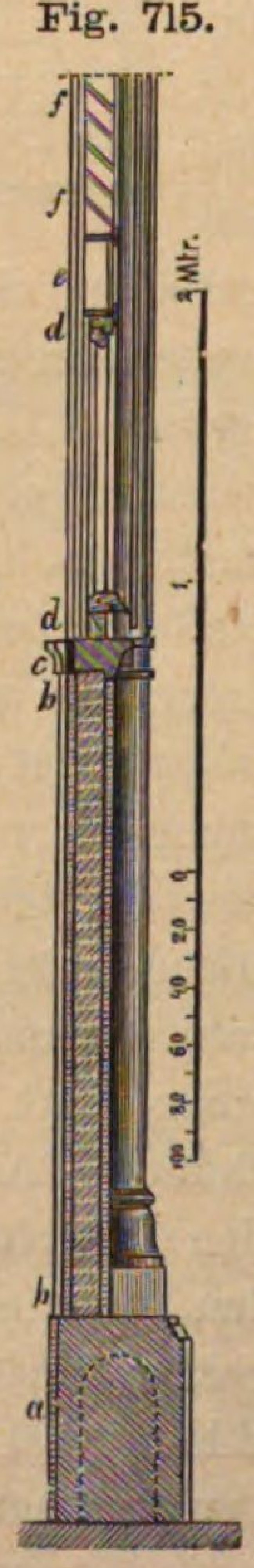


Fig. 715.



Die speciellere Construction der Umfassungswände ist in der Ansicht Fig. 714 und in dem Querschnitte Fig. 715 wiedergegeben, letztere im doppelten Maassstabe der vorhergehenden. Der untere 70 Centim. hohe Sockel *a* besteht aus einem rothen Sandstein, dann folgt die $^1/_2$ Stein starke

2,25 Meter hohe Backsteinmauer *b*, in der ein Muster aus gefärbten Steinen eingelegt ist. Oben wurde diese Mauer vollständig horizontal abgeglichen und mit einem Sandsteingesims *c* abgedeckt; auch dieses greift mit entsprechenden Ansätzen in die Leisten der Säulen ein. Nun folgen zwischen den verticalen Sprossen aus I-förmigen Walzeisen hölzerne Fensterrahmen *d* und hierauf zwischen 2 ⊣-Eisen ein Fries *e* aus Blech, worauf der ganze übrige Raum zwischen den grossen Bogen mit matt geschliffenem Glase in Form der Jalousiebretter ausgefüllt ist. Durch die nach oben gerichtete schräge Stellung der Glasplatten wird ein schräg aufsteigender Luftzug erzeugt, der zur Ventilation der Halle sehr wirksam ist, ohne dass die darin befindlichen Personen von Luftzug belästigt werden; das matt geschliffene Glas verhindert das Eindringen der Sonnenstrahlen in die Hallen. Durch die Glasjalousien der Aufbauten findet die aufsteigende verdorbene Luft ungehinderten Abzug.

Damit die Glasplatten den Einflüssen der Temperatur frei folgen können, sind sie an ihren Enden nicht fest eingespannt, sondern in kleine Gummieinlagen gesteckt, die in entsprechende Falzen der Sprosseneisen eingeschoben wurden. Die Falzen bestehen aus Flacheisen und sind an den I-förmigen Sprossen angenietet.

An ihren oberen Enden wurden die Säulen der Umfassungswände durch die gusseisernen durchbrochenen Bogenstücke untereinander fest verbunden und sind die 8 Durchbrechungen jedes Bogens in den Aussenwänden der Hallen mit Glasscheiben geschlossen. Die Verbindung der Bogenstücke mit den Säulen ist aus den beiden Horizontalschnitten Fig. 716 und aus Fig. 717 ersichtlich.

Dicht über den Kapitälen greifen die Bogen mit einem Zapfen zwischen 2 Lappen *d* der Säulen und werden diese Theile durch einen Schraubenbolzen zusammengehalten, im Uebrigen greift die Säule nach Fig. 717 mit einer Leiste in das Bogenstück *b* ein. Oberhalb der Bogenstücke liegt die Dachrinne, welche nach dem Querschnitte Fig. 719 aus Bohlen zusammengesetzt und im Innern mit Zinkblech bekleidet ist. Das Wasser fliesst aus der Rinne durch kurze Ansatzrohre und durch die Consolen in die hohlen Säulen, durch deren unteren seitlichen Ausguss dasselbe in den Entwässerungscanal gelangt, der rings um die Hallen geführt ist. An der vorderen Seite wurde die Rinne mit Eisenblech bekleidet, an dem oben ein Winkeleisen angenietet ist. An entsprechenden Stellen der Vorderseite ist die Dachrinne mit Rosetten verziert.

Fig. 716.

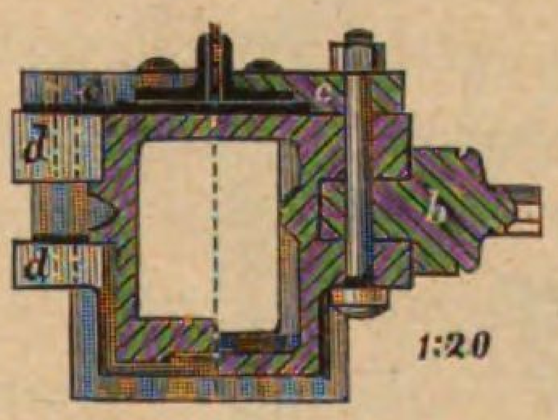
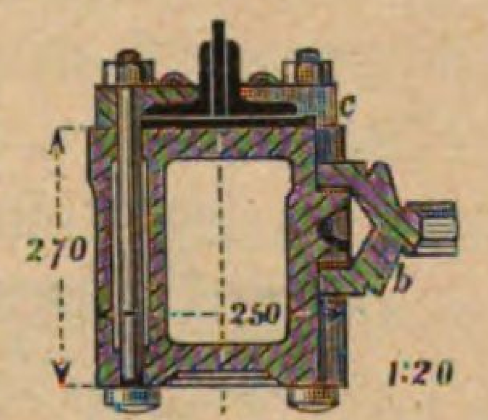


Fig. 717.



Im Innern der Pavillons stossen die ca. 56 Centim. hohen Gitterträger, welche die Binder der Pultdächer bilden, stumpf gegen die Säulen der Umfassungswände, sie werden von schmiedeeisernen Consolen, aus 7 × 1 Centim. starkem Winkeleisen und Blech gebildet, unterstützt. Diese Consolen stehen auf dem in Fig. 718 angedeuteten Säulenansatze und sind mit je 8 Schraubenbolzen an den Säulen befestigt, und zwar mittelst der in Fig. 716 und 717 mit *c* bezeichneten gusseisernen Platten, die entsprechend ausgeschnitten mit je 2 Nieten auf den Winkeleisen der Consolen befestigt wurden.

Fig. 718.

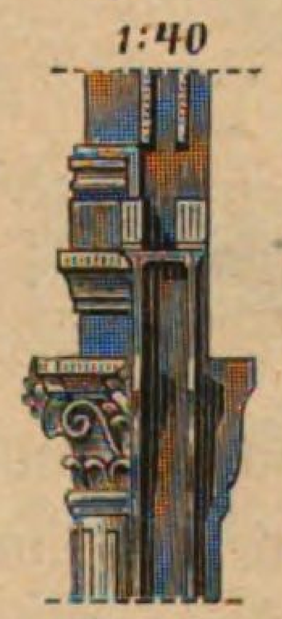
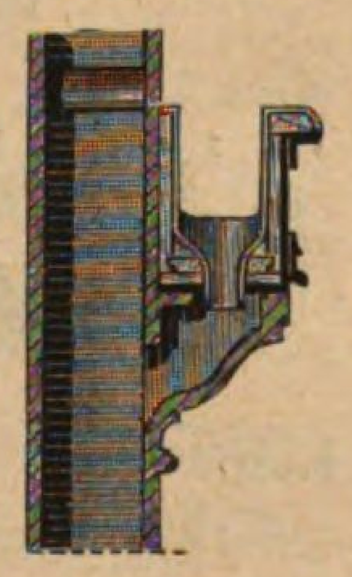
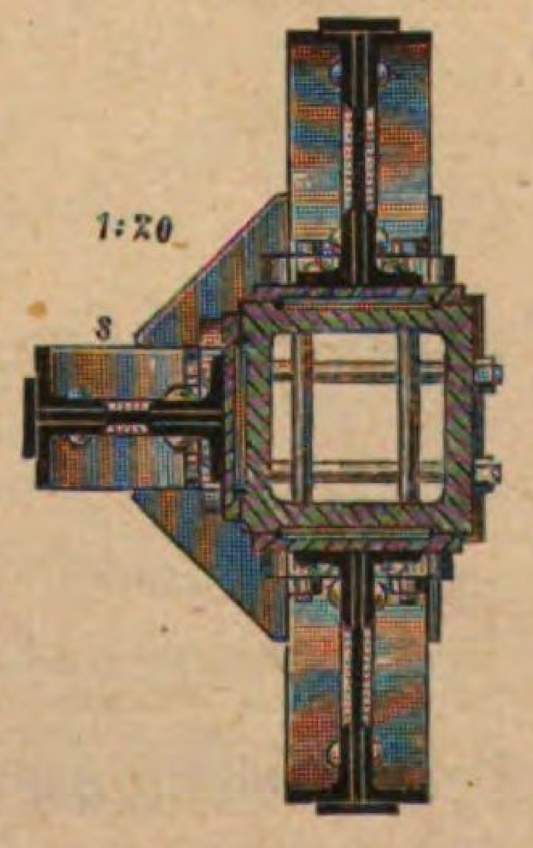


Fig. 719.



Aus dem Verticalschnitte eines Pavillons Fig. 1, **Blatt 17** ist die Construction des mittleren Aufbaues ersichtlich, der von den in dem Grundrisse Fig. 709 angedeuteten Säulen getragen wird, in der Weise, dass ringsherum auf den prismatischen Aufsätzen der Säulen Gitterträger gelegt sind, die noch von halbkreisförmigen Tragebogen unterstützt werden; diese letzteren wurden mit den Säulenaufsätzen fest verschraubt, wie es der Horizontalschnitt durch die Säule Fig. 720 andeutet. Das dritte Bogenstück *s* dient zur Unterstützung der Binder des Pultdaches. Die Umfassungswände des Aufbaues bestehen aus 3 Meter von Mitte zu Mitte entfernten schmiedeeisernen Stützen, die oben halbkreisförmig zusammenlaufen, grosse Licht- und Luftöffnungen bildend. Jede Oeff-

Fig. 720.



nung wird durch 3 verticale Sprossen in 4 gleiche Theile getheilt, welche mit einer jalousieartigen Verglasung ausgefüllt sind, um der verdorbenen Luft freien Abzug zu gewähren. Diejenigen Stützen, welche die Verlängerung der unteren Säulen bilden, sind als **Hauptstützen** aus 4 T-Eisen mit 4 doppelten Winkeleisen, die übrigen als Nebenstützen aus 2 T-Eisen construirt.

Fig. 721 zeigt den Querschnitt der Hauptstützen, Fig. 722 den der Nebenstützen; mit der oberen Gurtung der Gitterträger sind die Fussenden der Stützen durch gusseiserne Winkel verbunden. Hieran konnten auch die Sprosseneisen, welche den Fensterbogen bilden, befestigt werden.

Fig. 721.

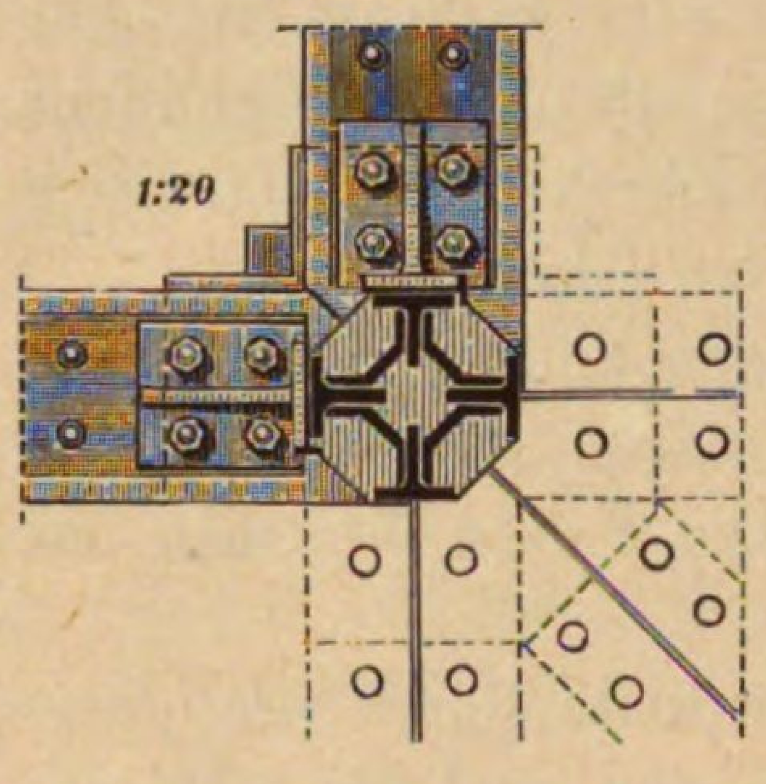
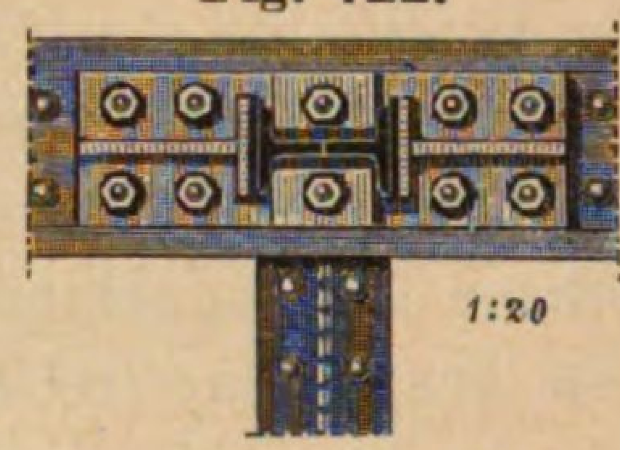
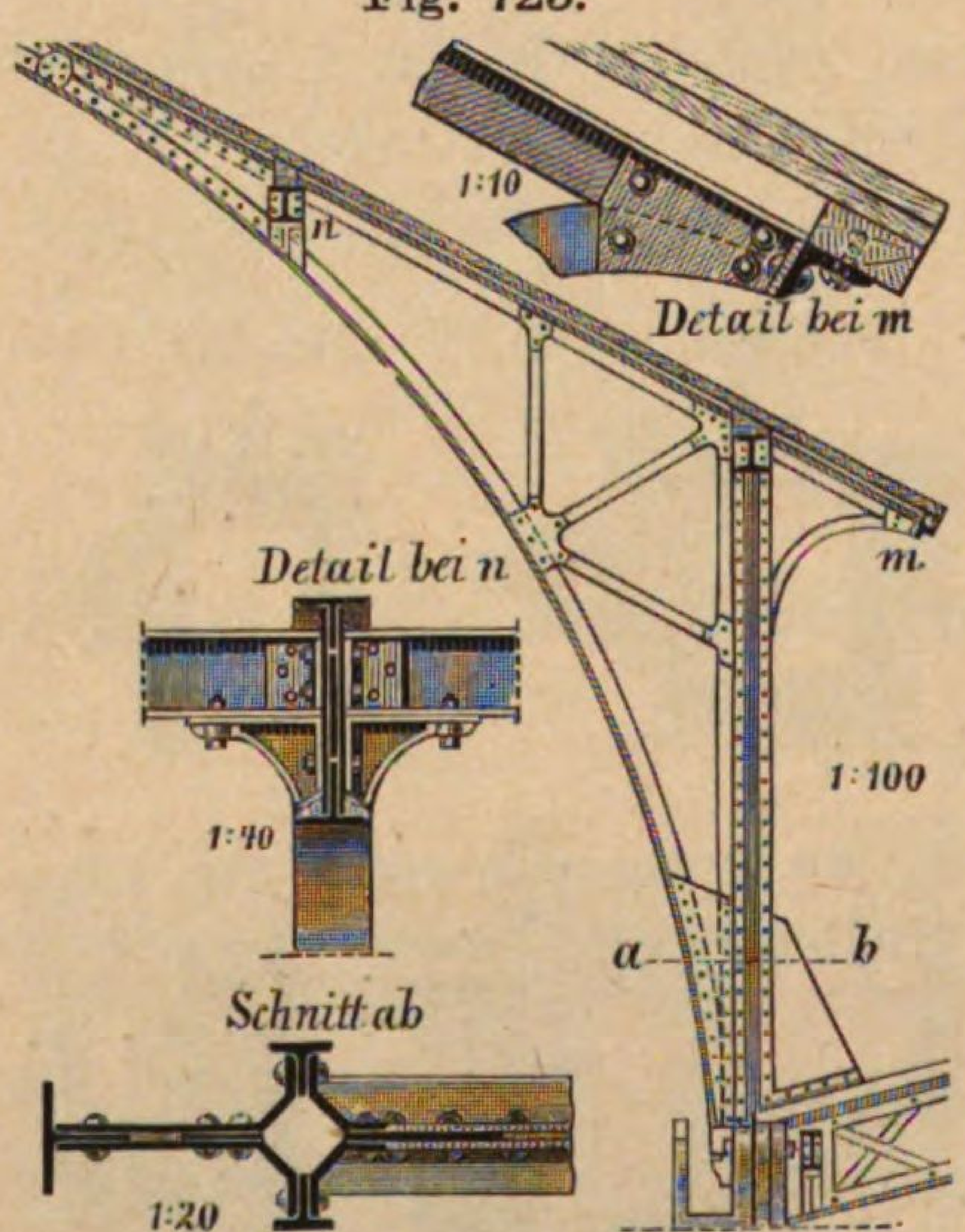


Fig. 722.



Die Binder des Daches über dem Aufbau bestehen ebenfalls aus Gitterträgern, wie es der Hallenquerschnitt Fig. 1, **Blatt 17** ersichtlich macht. Aus diesem Querschnitte geht auch die Binderconstruction zur Ueberdeckung der 15 Meter breiten Zwischenwege hervor; ein aus 3 Längen zusammengesetzter halbkreisförmiger Tragebogen aus gewalztem ca. 9 × 10 × 1 Centim. starkem ⊣-Eisen ist nämlich nach Fig. 723 mit den verticalen Stützen und mit den T-Eisen Sparren durch Flacheisen fest verbunden. Zwischen diesen Bindern, deren Entfernung von einander sich nach den Säulen des Pavillons richtet, sind gewalzte ca. 20 Centim. hohe I-förmige Fetten angeschraubt, und zwar ausser der Firstplatte in jeder Dachfläche 3 Stück; auf den Fetten liegen Langhölzer, worauf die Schaalung genagelt werden konnte. Zur Befestigung und Unterstützung der Fetten bei *n* Fig. 723 dienen gusseiserne Consolen, deren Seitenansicht ebenfalls Fig. 723 giebt. An der Traufkante bei *m* wird das überstehende T-Eisen durch ein gebogenes Flacheisen unterstützt. Die zur Verbindung beider Theile benutzten Blechlaschen sind rechtwinklig umgebogen und nehmen ein Winkeleisen auf, worauf ein Langholz zur Aufnahme der Schaalung mittelst Holzschrauben befestigt ist. Wie der Querschnitt nach *a b* Fig. 723 zeigt, bestehen die verticalen Stützen der Binder aus 2 T-Eisen, die mit 4 Stück Doppelwinkeleisen und Blech in Verbindung gebracht sind.

Fig. 723.



Im mittleren Theil des Daches ist eine Laterne aufgebaut, deren Sprossen auf 3 in der Länge des Daches durchlaufenden Winkeleisen ruhen, die von kleinen gusseisernen Stützen getragen werden, wie dies Fig. 724 andeutet. Um den halbkreisförmigen Tragebogen der Binder im First seitlich auszusteifen, sind unter der Firstfette schmiedeeiserne Consolen angebracht, deren Seitenansicht Fig. 725 giebt; dieselben bestehen hauptsächlich aus T-Eisen, die mit Hülfe von doppelten Deckblechen zusammengenietet wurden. Von der unteren Gurtung der Consolen ist zur

Fig. 724.

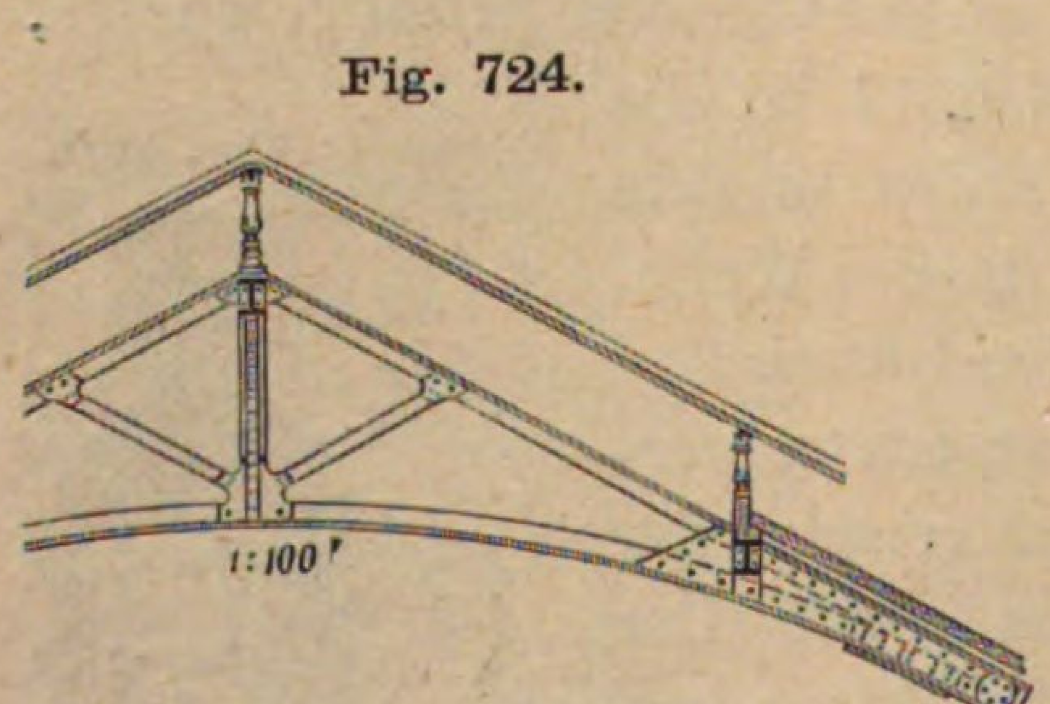
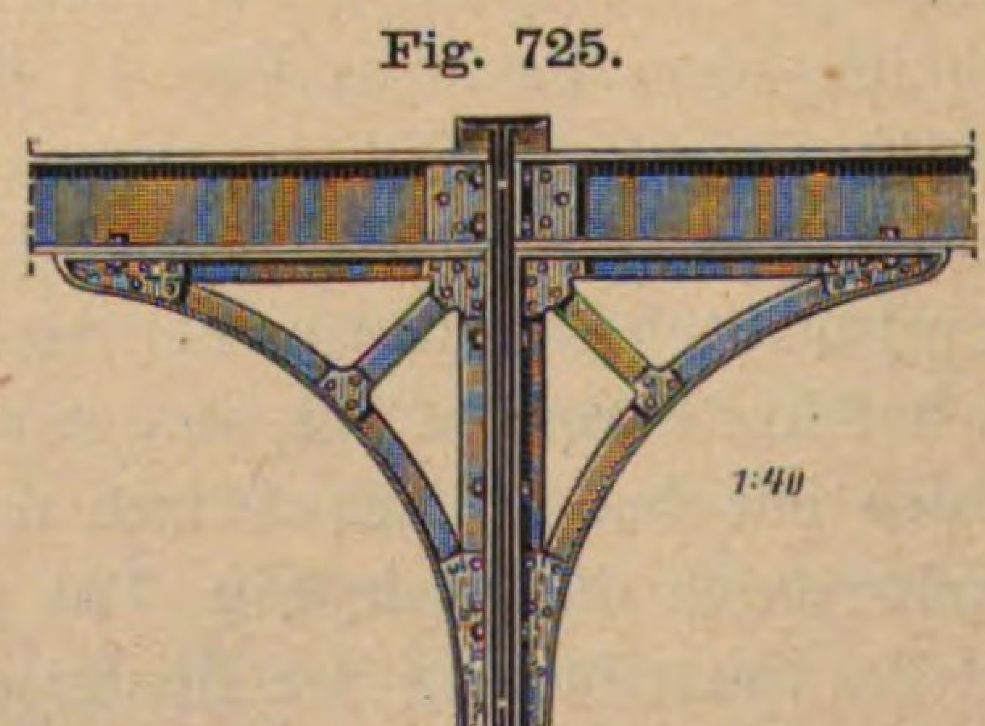


Fig. 725.



Aussteifung derselben noch ein Flacheisen nach der obern Ecke geführt, auch dieses ist mit den verticalen Schenkeln der T-Eisen durch doppelte Deckbleche verbunden.

Wenn bei den Pariser Markthallen das Eisen auch nicht gerade ökonomisch richtig der Theorie entsprechend verwendet ist, so lässt sich doch nicht in Abrede stellen, dass dieses Material hier ästhetisch mit grosser Geschicklichkeit verarbeitet wurde, und dass in dieser Beziehung der grossartige Bau als musterhafte Leistung angesehen werden muss.

Die Grundfläche des gesammten Hallensystems beträgt ca. 89000 □ Meter, wovon fast die Hälfte des Terrains auf Strassen und Wege verwendet ist. Die Gesammtkosten der Hallen incl. Ankauf des Terrains werden auf 60 Millionen Francs angegeben und die eigentlichen Baukosten auf ca. 16 Millionen Francs.

Der Grosshandel in den Centralhallen bringt als Standgeld jährlich durchschnittlich ca. $5\frac{1}{2}$ Millionen Fr., der Kleinhandel ca. 1 Million Fr. ein. Eine Verkaufsstelle für Fleischwaaren, 3 Meter im Quadrat, kostet täglich 3 Fr.; eine solche für Fische, 2 Meter im Quadrat, incl. Benutzung eines Bassins mit fliessendem Wasser kostet 1,5 Fr.; ein Stand für Geflügel oder Wildpret, 2 Meter lang und breit, bringt täglich 1 Fr.; ein Stand für Früchte, Gemüse oder Blumen, 2 Meter im Quadrat, täglich 0,75 Fr.; ein Stand für Vorkost, 2 Meter lang und 1 Meter breit, kostet täglich 0,15 Francs.

In **Wien** wurde die erste Markthalle im Jahre 1865 von der Gemeinde errichtet, nämlich die **Centralmarkthalle** im Bezirk »Landstrasse«. Dieser unansehnliche schuppenartige Bau, der einen Kostenaufwand von 585200 Gulden = 1170400 Mark erforderte, liegt unmittelbar an der Verbindungsbahn. Anfangs war der Verkehr lebhaft, doch bewirkte der Mangel an Detailmarkthallen, sowie unzweckmässige Einrichtung, dass die Anstalt nicht gedieh. Aus diesem Grunde wurde die Centralmarkthalle im Jahre 1868 in eine Grossmarkthalle für marktübliche Lebensmittel umgewandelt. Entsprechende Reformen und directe Zufuhr von Lebensmitteln durch Eilzüge der Südbahn haben zwar einen belebteren Verkehr veranlasst, doch ist derselbe noch immer recht unbedeutend zu nennen.

Die erste Wiener **Detailmarkthalle** vor dem ehemaligen Stubenthore ist im Jahre 1871 eröffnet. Dieselbe wurde nach dem Entwurfe des Herrn Oberingenieur **Haussmann** vom Stadtbauamte erbaut und steht auf dem Terrain des ehemaligen Stadtgrabens; hierdurch wurde die Ausführung der Kellerräume in zwei übereinanderliegenden Etagen veranlasst. In der unteren Etage liegen 12 grosse Eisgruben mit Vorkellern, dagegen enthält die obere Etage 240 geschlossene Abtheilungen als Vorrathsräume für die Verkäufer.

Die Halle hat eine Länge von 67,6 Meter und eine Breite von 19,9 Meter, ihr Grundriss in $^1/_{1000}$ d. wirkl. Gr. ist in Fig. 8, **Blatt 14** dargestellt, woraus auch die Eintheilung des Hallenraumes hervorgeht. Sechs mit Windfangthüren versehene Eingänge, je in der Breite einer Säulentheilung entsprechend, gestatten bequemen Zutritt zu den 218 Verkaufsständen. In den Ecken an den Stirnseiten der Halle befinden sich die Kellereingänge und Aborte, sowie Räume für Waagen, für Dienst- und Aufsichtspersonal. Die Construction des Hallenoberbaues ist dem System der Pariser Markthallen ganz ähnlich durchgeführt, mit Umfassungswänden grösstentheils aus Eisen und Glas, im unteren Theil mit einer Backsteinwand zwischen den eisernen Säulen eingespannt. Das unter 25° geneigte Dach ist ein Walmdach mit einem mittleren ca. 8,4 Meter breiten Aufbau, dessen Traufkante sich etwa 1,2 Meter über die Dachfläche erhebt; die Wand des Aufbaues ist ringsum zum Zweck einer ausreichenden Ventilation jalousieartig geschlossen. In Wien haben sich die unteren nicht verschliessbaren jalousieartigen Verglasungen wegen des zuweilen sehr rauhen Klimas nicht bewährt.

Die Dachbinder sind als doppelte Hängewerke nach der Form Fig. 424 aus Blech construirt, mit einem 8,4 Meter weiten Mittelfelde, wobei die horizontale Zugstange ca. 6,7 Meter hoch über dem Fussboden der Halle angebracht ist. An den Stellen, wo die beiden Streben des Binders an den Spannriegel stossen, sind I-förmige Fetten zwischen die Binder geschraubt und ausserdem noch eine in jeder Dachfläche, so dass die hölzernen Sparren 3 Stützpunkte erhalten. Die Sparren wurden mit Brettern eingeschaalt und mit

Schiefer gedeckt. Das Innere der Halle macht durch die einfache und klare Construction, sowie durch die grosse Reinlichkeit, welche hier herrscht, einen freundlichen Eindruck. Die Gesammtbaukosten betrugen 275000 Gulden = 550000 Mark. Von Producenten wird die Detailmarkthalle wenig besucht, der Haupthandel mit Lebensmitteln findet in Wien gegenwärtig noch unter freiem Himmel statt, doch ist man jetzt im Gemeinderathe bestrebt, der ungenügenden Approvisionirung durch Errichtung von weiteren Markthallen abzuhelfen und dadurch der enormen Theuerung der Lebensmittel ein Ziel zu setzen.

Die erste, Mitte 1867 eröffnete **Berliner** Markthalle wurde auf Anregung des Herrn Geh. Regierungsrath **F. Hitzig** unter dessen Oberleitung von der dortigen Immobilien-Gesellschaft unter specieller Leitung des Herrn Baumeisters **A. Lent** erbaut. Sie ist ca. 85 Meter lang, 63 Meter breit und wird durch eine 15 Meter breite bedeckte Strasse, die den Schiffbauerdamm mit der Karlstrasse verbindet, in 2 Abtheilungen getheilt. Auch diese Halle ist nach dem System der Pariser Hallen grösstentheils aus Eisen und Glas hergestellt. Um die Käufer und Verkäufer gegen Zug zu schützen, hat man die Umfassungswände bis zur Höhe von 1,88 Meter gemauert, während der obere Theil, der Ventilation wegen, wie bei den Pariser Hallen, jalousieartig verglast wurde. Die Kellerhöhe beträgt 4,24 Meter; da nun die Strassenkrone 1,1 Meter über Hochwasser der Spree liegt, so musste die Differenz durch Treppen erstiegen werden. Zu diesem Zwecke sind vier, je ca. 4,7 Meter breite Freitreppen angelegt, welche auch für den stärksten Verkehr genügen. Sämmtliche Keller sind mit eisernen Bogenrippen auf eisernen Säulen überdeckt und eingewölbt; ihr Licht erhalten sie durch seitliche Fenster und durch Oeffnungen im Scheitel der Kreuzgewölbe, die mit starken Glasplatten resp. Gittern geschlossen wurden, da diese Oeffnungen auch theilweise zur Lüftung des Kellers dienen.

Den Querschnitt der Halle*) zeigt Fig. 9, **Blatt 14**, den Grundriss derselben Fig. 10 und 11. Das an der Panke verbleibende dreieckige Stück der Grundfläche ist von den übrigen Marktständen abgetrennt und zur Fischhalle benutzt, was durch die Eigenthümlichkeiten des Fischhandels gerechtfertigt erscheint.

Die Eintheilung der Stände ist aus der einen Hälfte des Grundrisses Fig. 10 ersichtlich. Die Stände liegen etwa 16 Centim. höher als die Gänge, so dass die einzelnen Ständecomplexe durch kleine Abzugrinnen eingefasst werden konnten, die man nöthigen Falls durch Hydranten spülen kann. Sechs laufende Brunnen versorgen die Halle mit Wasser, und da der Verkauf auch in den Abendstunden stattfinden soll, sind Halle und Keller ausreichend mit Gasleitung versehen.

Der Billigkeit halber hat man $^2/_3$ der gesammten Dachfläche mit Glas eingedeckt, was aus ästhetischen Gründen für ähnliche Anlagen nicht gerade empfehlenswerth sein dürfte. Der übrige Theil der Dachfläche ist mit Zinkwellblech gedeckt.

Hätte man den Marktverkehr Berlins, wie er sich zur Zeit der Erbauung der ersten Halle auf den 17 offenen Marktplätzen darstellte, nämlich 340 Fischer, 700 Fleischhauer, 200 Wild- und Geflügelhändler, 260 Blumenhändler und 5000 Händler mit Butter, Eiern, Käse, Gemüse und Vorkost, in überdeckte Hallen unterbringen wollen, so würde hierzu nach Herrn **Lent**, wenn für die Standflächen die Dimensionen zu Grunde gelegt werden, die sich bei den Hallen anderer Städte bewährt haben, wonach die Stände für Fleisch, Wild, Geflügel und Fische 5 bis 9 □Meter, für Früchte und Blumen 4 und für Gemüse 2 bis 3 □Meter Grundfläche erfordern, eine überdeckte Fläche von 50000 □Meter zu beschaffen gewesen sein, bei welcher Zahl 25000 □Meter für Gänge, Localitäten für Verwaltung und Polizei, Closets, Pissoirs etc. gerechnet sind.

Im Allgemeinen kann man bei Errichtung von Markthallen folgende Anforderungen stellen.

1) Muss die Halle Schutz gegen Regen und Sonnenschein, gegen Hitze und Kälte gewähren, sie muss reichliches Licht und eine gute Ventilationseinrichtung haben.

*) Die Markthalle zu Berlin ist veröffentlicht vom Herrn Baumeister **A. Lent** in Erbkam's Zeitsch. f. Bauw. 1867. S. 230.

2) Die Grösse und Einrichtung der Verkaufsstände muss der Verkaufswaare angemessen sein. Für Fleisch- und Wildhändler sind durch Gitter abgeschlossene mit Tischen zum übersichtlichen Auslegen der Waaren versehene Stände und reichlich Haken zum Aufhängen des Fleisches erforderlich. Für Blumen, Gemüse, Vorkost etc. empfehlen sich Verkaufsstände mit treppenartigen Bänken oder Tischen. Für den Fischverkauf sind Bassins nöthig mit frischem stetig fliessenden Wasser.

3) Muss die Halle zur Reinigung und Besprengung der Gänge, zur Auffrischung von Marktwaaren, zur Füllung der Fischbassins etc. mit ausreichendem Wasserzu- und Abfluss versehen sein.

4) Sind verschliessbare Kellerräume zum Waarenvorrath und zur Aufbewahrung von Geräthschaften, sowie Eiskellerräume zur Frischerhaltung von Fleisch, Wild, Seefischen etc., erforderlich.

5) Müssen in der Halle entsprechende Locale für die Marktverwaltung und Polizei, für Normal-Gewichte und Maasse, für Pissoirs und Aborte etc. vorhanden sein.

6) Ist eine Gasleitung anzulegen zur Ermöglichung der nächtlichen Waarenzufuhr und des Verkaufs am Abend.

Ob es für das Interesse des öffentlichen Verkehrs zweckmässiger ist, wenn eine Stadtgemeinde den Bau und die Verwaltung der Markthallen selbst übernimmt, oder ob deren Ausführung besser der Privatspeculation überlassen bleibt, dürfte nicht leicht allgemeingültig beantwortet werden können. Herr **Risch** meint, dass es Pflicht der städtischen Behörden sei, diese Anlagen selbst ins Leben zu rufen, da dann die Vortheile derselben allen Mitgliedern der Gemeinde zu Gute kommen, und indem die Stadtbehörde, im Gegensatze zur Privatspeculation, solche gemeinnützige Anstalten nicht zur Einnahmequelle machen und Gebühren nur in dem Umfange erhoben werden, wie sie zur Unterhaltung der Anlage nothwendig sind, so werde der Handel von jeder drückenden Abgabe und jeder Beschränkung, die seine natürliche Entfaltung hemmen könnte, befreit sein. Im Principe ist diese Annahme zwar richtig, doch lehrt die Erfahrung, dass die Communal-Verwaltung meistens kostspieliger wird, als die einer Privat-Gesellschaft, und dass zur Durchführung und Verwaltung grosser Institute die Privatspeculation bessere Gewähr leistet, als eine schwerfällige städtische Verwaltung. Den nöthigen Einfluss auf die Höhe des Standgeldes, auf den Betrieb und die sanitätliche Controle der Marktwaaren kann sich die Behörde in der Form der Concessionsertheilung auch bei Privatmarkthallen sichern.

§. 109. Viehmarkthallen und Schlachthäuser.

Zur billigen Versorgung der grossen Städte mit Lebensmitteln sind gut angelegte Viehmärkte und Schlachthäuser nicht minder wichtig wie die Markthallen. Dies erkennend, beauftragte die städtische Verwaltung **Berlins** im Jahre 1865 den Baumeister Herrn **Hennicke**, die bedeutendsten derartigen Anlagen des In- und Auslandes zu besichtigen, um die über Viehmärkte und Schlachthäuser gemachten Erfahrungen für Berlin nutzbar zu machen; derselbe hat die Resultate seines Studiums in einem eigenen Werke*) niedergelegt.

Obgleich Viehmarkt und Schlachthaus zwei ganz verschiedene Anlagen sind, die getrennte Verwaltungen erfordern, so haben beide doch so enge Beziehungen zu einander, dass eine Trennung den Geschäftsverkehr nur erschweren würde. Es sind daher im Interesse der Verkäufer und Käufer Viehmarkt und Schlachthaus in Verbindung zu bringen, wie dies in Paris, Lyon, Berlin und Wien geschehen ist oder beabsichtigt wird.

Der Platz zu einem Viehmarkte muss eine trockene, möglichst freie und luftige Lage haben, muss von dem Verkehr der innern Stadt isolirt sein und durch bequeme Strassen- und Eisenbahnverbindung mit allen Stadttheilen und Bahnhöfen in Verbindung stehen. Reichliche Wasserversorgung, sowie zweckmässige Entwässerung sind Haupterfordernisse.

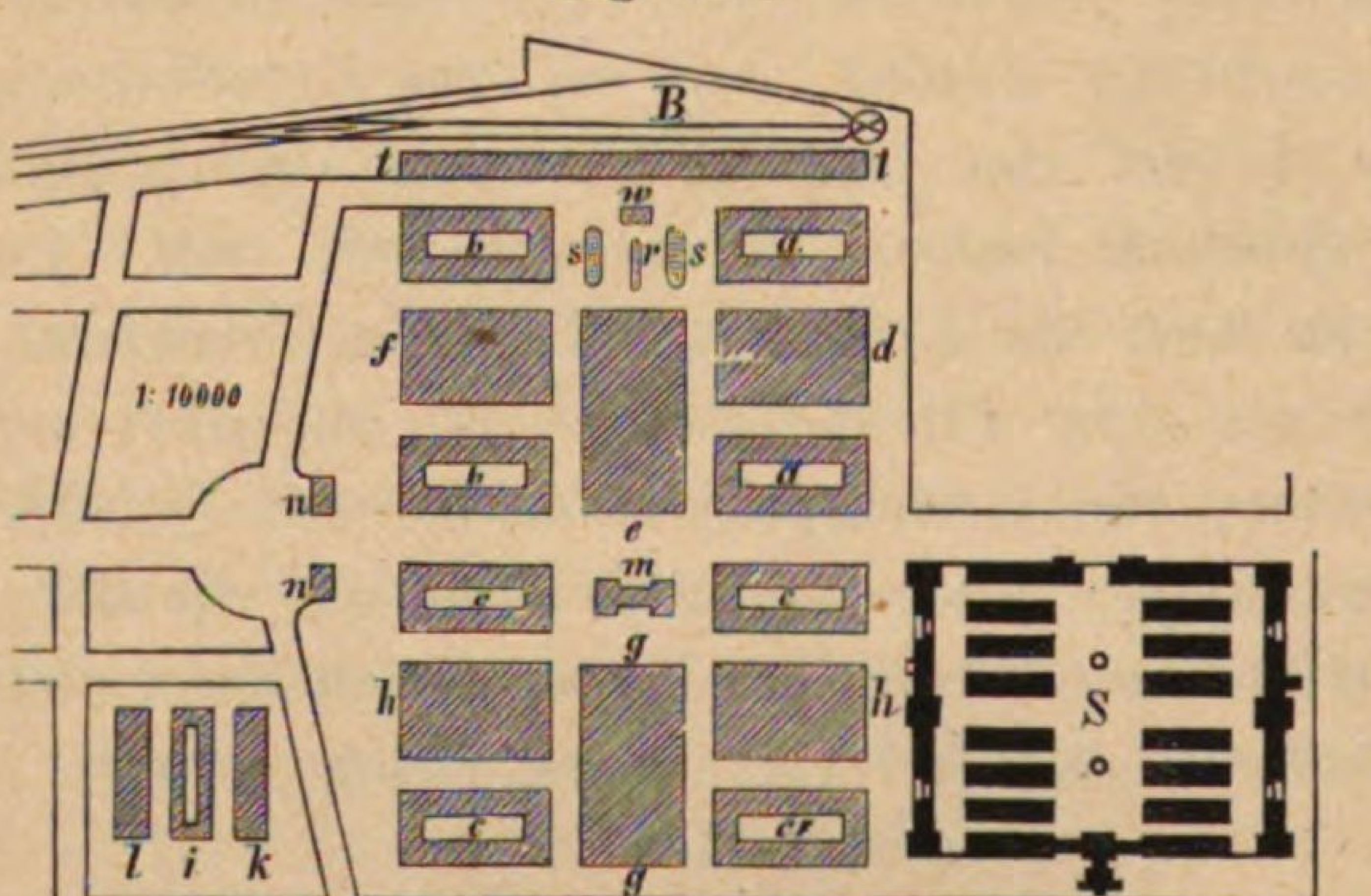
*) »Bericht über Schlachthäuser und Viehmärkte in Deutschland, Belgien, Frankreich, Italien, England und der Schweiz«, von **Julius Hennicke**. Verlag von Ernst u. Korn in Berlin, 1866.

Zur Aufstellung des Gross- und Kleinviehes sind überdeckte, durch starke Barrièren aus Holz oder Eisen getrennte Stände erforderlich. Der für diese Stände nöthige Flächenraum wird nach der Zahl des aufzutreibenden Viehes ermittelt, wobei man für 1 Stück Grossvieh 3,6 □Meter, für 1 Kalb 1,5 □Meter, für 1 Schaf 0,5 □Meter und für 1 Schwein 1,0 □Meter Grundfläche annimmt. Die Grösse der Stallungen ist davon abhängig, ob in der Nähe des Viehmarktes viele Privat-Stallungen vorhanden sind oder nicht. Gewöhnlich werden die Stallungen so placirt, dass die überdeckten Markthallen davon eingeschlossen werden; für krankes oder verdächtiges Vieh sind abgesondert liegende Seuchenhöfe nöthig. Ausserdem erfordert eine vollständige Viehmarktanlage noch Verwaltungsgebäude, Wohnungen für Beamte, eine Börse mit Restauration, Comptoirs etc., Schlachthäuser mit den dazu gehörigen Nebengebäuden, Eiskeller oder Eishäuser, Pferdestall mit Remise etc.

Der **Metropolitan Cattle Market** zu London kann als vorzügliches Beispiel einer Viehmarktanlage bezeichnet werden, doch wird derselbe an Grossartigkeit und zweckmässiger Einrichtung noch von dem neuen **Central-Viehmarkte** zu *la-Villette* in Paris übertroffen. Die letztere Anlage ist von dem bekannten Pariser Architekten **Victor Baltard** erbaut. Auf **Blatt 14** ist die Ueberdachung der Stände dargestellt; Fig. 12 giebt die Ansicht, Fig. 13 den Querschnitt und Fig. 14 den Grundriss der Verkaufshallen.

In **Wien** besteht gegenwärtig ein Viehmarkt an der St. Marxer-Linie, der eine Fläche von 774 Ar einnimmt, derselbe ist für den steigenden Bedarf jedoch nicht mehr ausreichend, daher hat der Gemeinderath beschlossen, an dessen Stelle einen neuen Centralviehmarkt zu errichten, der zur Erleichterung des Transportes mit den Eisenbahnen durch eine Zweigbahn der Staatsbahn in Verbindung steht. In Fig. 726 ist der für das Detailproject zu Grunde gelegte Plan dargestellt; *a a* sind Stallungen für 1000 Stück Schafe und 1000 Stück Kälber mit einer Grundfläche von 7258 □Meter; *b b* Stallung für 5000 Stück Schweine mit einer Grundfläche von 7258 □Meter; *c c* Ställe für 4000 Stück Rinder mit 14515 □Meter; *d* offene Hallen für 10000 Stück Schafe mit 5400 □Meter; *e* offene Hallen für 5000 Stück Kälber; *f* offene Hallen für 5400 Stück Schweine mit 5400 □Meter; *g* und *h h* offene Hallen für 6000 Stück Rinder mit 19440 □Meter; *i*, *k* und *l* sind gedeckte Seuchenhöfe von 3020 □Meter Grundfläche, mit Schlachtkammer, Secirsaal, Ankleidezimmer für Schlächter, Kammer für thierische Abfälle und Desinfection, Fleischkammer etc.; *m* Börse und Restauration mit 734 □Meter, worin auch Räume für Makler, Wechsler, Telegraphie und Schiedsgericht, sowie Verkaufsgewölbe untergebracht sind. *n n* Administration von 576 □Meter Grundfläche, mit Räumen für den Portier, für die Finanzbehörde, für den Verwaltungsbeamten, für Thierärzte, für Verletzte, für Diener und für Requisiten; *r* und *s s* Viehtränken; *t* Zählapparate mit 4320 □Meter; *w* Stationsgebäude mit 126 □Meter. Die Gesammtfläche beträgt 1868 Ar. Das schon bestehende Schlachthaus ist in dem Plane mit *S*, die Bahngeleise sind mit *B* bezeichnet.

Fig. 726.



Im Jahre 1871 betrug die Anzahl des in Wien geschlachteten Viehes: 93370 Stück Ochsen und Kühe, 130500 Stück Kälber, 56160 Stück Schafe, 162190 Stück Schweine und 2073 Stück Pferde.

In Berlin sind im Jahre 1873 geschlachtet: 73730 Stück Rinder, 94227 Stück Kälber, 149149 Stück Schafe und 236310 Stück Schweine; oder es wurden etwa verbraucht: 442380 Ctr. Rindfleisch, 75381 Ctr. Kalbfleisch, 59659 Ctr. Hammelfleisch und 590375 Ctr. Schweinefleisch, so dass bei 950000 Einwohnern pro Kopf und Tag 0,17 Kilogr. Fleisch consumirt wurden.

Der neue **Berliner-Viehmarkt***) wurde im Jahre 1872 von einer Actien-Gesellschaft begonnen und nach dem Projecte des Baumeisters Herrn **Orth** unter dessen Oberleitung von den Architekten Herren **Biebent** und **Thewalt** ausgeführt. Diese Anlage nimmt eine Grundfläche von 3060 Ar ein, wovon 585 Ar bebaut, 665 Ar zur Eisenbahn incl. Bahnhof, 380 Ar für Strassen und Verkehrsplätze verwendet sind, während eine Fläche von 1430 Ar für Erweiterungsbauten oder zu anderen industriellen Zwecken disponibel bleibt.

Zu dem »grossen Markt«, der am Montage jeder Woche stattfindet, stehen etwa 3000 Stück Rinder, 7000 Stück Schweine und 30000 Stück Schafe zum Verkauf; dementsprechend sind die **Verkaufshallen** für 3800 Rinder und 16000 Schafe; die **Ställe** für 2800 Rinder, 8000 Schweine, 1200 Kälber und 14000 Stück Schafe eingerichtet; der am Freitage stattfindende »kleine Markt« gestaltet sich etwas geringer.

Der Verkauf auf dem Markte wird vorzugsweise durch Commissionaire vermittelt, die von den Händlern Provision erhalten, ihnen die Kaufsumme erlegen und den Schlächtern bis zum nächsten Markttage kreditiren. Hierdurch sind die Händler der Mühe überhoben, sich vorher Kenntniss von der Kreditwürdigkeit des Käufers zu verschaffen. Die Commissionaire entrichten pro Woche eine bestimmte Marktgebühr, aber **keine** Einstellungsgebühr, sie sind jedoch verpflichtet, Futter und Stroh mit ca. 66 % Erhöhung der Marktpreise von der Gesellschaft zu nehmen; indessen wird die Entrichtung eines Standgeldes und Wegfall des Aufschlages auf Futterpreise als zweckmässiger empfohlen.

Die **Börse**, in der Mitte des Marktes gelegen, hat einen 12,56 Meter breiten oblongen Saal, an dessen beiden Langseiten je 14 vom Saale zugängige Comptoirs der Viehcommissionaire liegen. In dem einen Giebelbau sind die Restaurationsräume, in dem andern die Büreaus der Verwaltung, die Casse und die Telegraphie untergebracht.

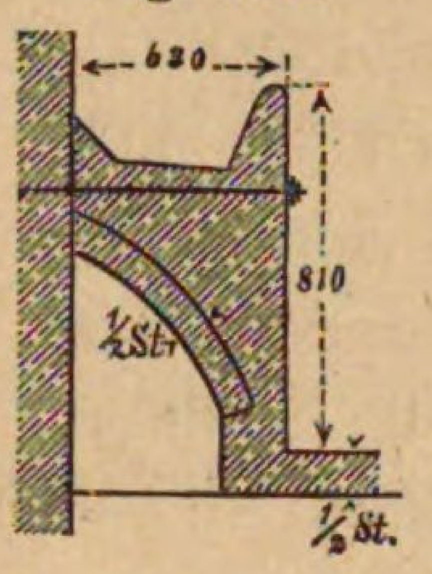
Die **Hallen**, wovon 4 überdeckte und 2 offene vorhanden sind, liegen zu beiden Seiten des Börsengebäudes. Zur Ueberdeckung des mittlern höhern Theils der Hallen ist auf eisernen Säulen ruhend ein combinirtes Hänge- und Sprengwerk von 12,56 Meter Spannweite angewendet; an den Front- und Giebelseiten schliessen sich noch Pultdächer von 4,7 Meter Weite an. Den Händlern sind einzelne nummerirte Verkaufsstände von $20 \times 6{,}9 = 138$ □Meter Gesammtfläche zugewiesen, welche durch 94 Centim. hohe Barrièren für Rinder in Einzelstände abgetheilt werden. Die für den Verkauf von Schafen bestimmten Hallen sind ebenso gross wie die für Rinder.

Sämmtliche Hoffronten der **Stallungen** für **Rindvieh** sind nach Norden oder Westen gerichtet; Futtergänge sind nicht angelegt, da das Vieh nur höchstens 2 Tage in der Woche zum Verkaufe steht und die Futtergänge der Besichtigung des Viehes in den Ställen selbst hinderlich gewesen wären. Die Fenster sind als Kippfenster um ihre Mittelaxe drehbar eingerichtet, wodurch die Lüftung der Ställe beliebig regulirt werden kann. Decken und Wände haben zur Erzielung einer bessern Beleuchtung einen weissen Kalkanstrich erhalten. Statt des angewendeten Granitpflasters wäre ein Ziegelpflaster mit Cementmörtelüberguss wegen der leichteren Desinfection vorzuziehen gewesen, da die Befürchtung, die Cementdecke werde zu glatt sein, sich als unbegründet herausstellte. Zwei Stallgebäude haben im Souterrain und Hochparterre Stallungen erhalten, die durch fallende, resp. steigende Rampen von 1 : 6 zugängig sind. Durch Brandmauern ist jedes Gebäude in 6 Abtheilungen von je 8,16 Meter Breite getheilt, worin die Rinder, getrennt durch einen langen Mittelgang, in 2 Reihen aufgestellt sind. Die Decke der Souterrainställe besteht aus ½ Stein starken, zwischen Gurtbögen eingespannten Kappengewölben, in Cementmörtel gemauert; nach der Berechnung werden die sehr flachen Gurtbögen mit 840 Kilogr. pro □Meter belastet, ihr Horizontalschub beträgt darnach 19250 Kilogr. und das Material wird mit 9,4 Kilogr. in Anspruch genommen.

*) Die Anlage ist von Herrn **A. Thewalt** beschrieben und durch Zeichnungen erläutert in der Deutschen Bauzeitung 1874. S. 361.

Die Jauche wird von den obern Ställen durch eiserne Röhren in die unteren geleitet und fliesst dann weiter in besondere Jauchegruben. Fig. 727 zeigt die Construction der Krippen, aus Backsteinen in Cementmörtel gemauert und glatt abgerieben verputzt.

Fig. 727.



Im Erdgeschoss des **Kälberstalles** ist Raum für 2000 Thiere; der Flur desselben besteht aus flachem Ziegelpflaster mit geringem Gefälle, die Decke aus ganzem Windelboden und geputzter Schaalung. Das Futter wird in 2 eingemauerten Kesseln im Stalle selbst gekocht und den Kälbern mittelst Blechflaschen aus der Hand gereicht, Krippen und Raufen sind daher nicht vorhanden. Im 1. und 2. Geschoss oberhalb des Kälberstalles sind 120 Logirzimmer für die Händler und Treiber untergebracht, sowie im südlichen Giebel des Gebäudes eine zweite Restauration.

Die **Schweineställe** bilden ein Gebäude von 172 Meter Länge und 31,8 Meter Breite, worin Raum für 8000 Schweine ist; sie werden durch seitliches Oberlicht gut beleuchtet. Ein offener Gang theilt die Länge des Gebäudes in 2 Hälften, und ist jede Hälfte in 10 Abtheilungen getheilt, wovon je 5 durch eine Brandmauer abgeschlossen werden. Schweinehöfe oder Futterplätze sind nicht angelegt, das Futter wird in transportabeln hölzernen Futtertrögen verabreicht. An den Fronten des Stalles sind Vorbuchten ausgeführt.

Der massiv gebaute **Schafstall**, 177,6 Meter lang, 16,6 Meter tief, ist mit einer gewölbten Decke versehen, damit die von dem Schafdünger aufsteigenden Ammoniakdünste das Heu des Futterbodens nicht verderben. Da für Schafställe reichlich Luft und Licht nothwendig ist, so haben die eisernen Kippfenster 2,19 Meter Höhe und 1,25 Meter Breite erhalten, hölzerne Fenster würden durch die Ammoniakgase zu leicht zerstört worden sein. Der Fussboden ist ein hochkantiges Ziegelpflaster mit Cementmörtel übergossen. In den Speichern des Viehhofes können ca. 25000 Ctr. Heu und Stroh gelagert werden.

Der **Schlachthof** ist vollständig vom Marktverkehre abgeschlossen; in der Mitte des Hofes liegen die Schlachthäuser, um diese herum die Ställe für das Schlachtvieh und die sonst erforderlichen Gebäude.

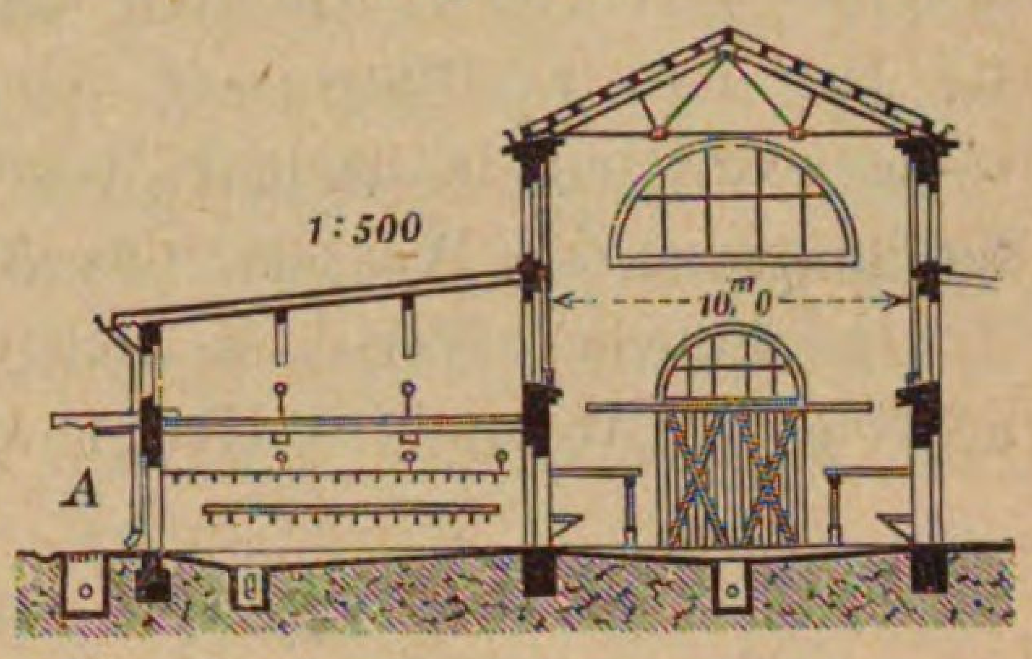
Von den bisher ausgeführten Schlachthäusern lassen sich zwei durchaus verschiedene Systeme unterscheiden, entweder wird das Grossvieh in grossen gemeinschaftlichen **Schlachthallen** geschlachtet, oder in einzelnen **Schlachtkammern.** Für grosse Städte lassen sich schwerlich Schlachthallen beschaffen, in denen täglich mehrere Hundert Stück Vieh gleichzeitig geschlachtet werden können, auch wollen die Schlächter vor allen Dingen ihr Eigenthum unter Verschluss aufbewahren, und nicht mit vielen anderen, ihnen unbekannten Personen in einem gemeinschaftlichen Raume zusammenarbeiten, wesshalb für Schlachthäuser grosser Städte naturgemäss das System der Schlachtkammern gewählt wird. Für kleinere Städte dagegen, wo die Schlächter miteinander persönlich bekannt sind, lässt sich eine gemeinschaftliche Schlachthalle ausführen, und hier dürften dieselben zweckmässig sein. Städte wie Augsburg, Cöln, Genua, Genf, Hamburg, München, Stuttgart, Zürich etc., haben gemeinschaftliche Schlachthallen; grössere Städte wie Berlin, Brüssel, Lyon, Marseille, Paris, Wien, Pest etc., haben das System der Schlachtkammern ausgeführt.

Als Muster des ersteren Systems wird das Schlachthaus der Stadt Zürich empfohlen, welches im Jahre 1866 eröffnet ist; als Muster des Kammernsystems, das aus dem Jahre 1818 stammende Schlachthaus *Ville-Juif* zu Paris, welches für alle ähnlichen Anlagen, auch für das neue Centralschlachthaus zu *La-Villette* in Paris als Vorbild gedient hat. In Frankfurt a. M. suchte man beide Systeme zu vereinigen, indem man zwar gemeinschaftliche Räume errichtete, dieselben aber durch Gitter theilte, so dass für die einzelnen Schlächter getrennte Zellen entstanden.

Um täglich 4 Rinder in einer Zelle schlachten zu können, rechnet man je 40 bis 48 □Meter Grundfläche; die überwölbten Kammern der Wiener Schlachthäuser haben 9,4 Meter Länge und 4,7 Meter Breite; dieselben Abmessungen haben auch die Kammern der neuen Berliner Schlachthäuser, bei der Höhe von 5,64 Meter. Die letzteren Gebäude haben eine sehr zweckmässige Einrichtung, indem eine geräumige Halle, von den Giebel-

enden auch für Fuhrwerk zugängig, mit den Schlachtkammern in Verbindung steht. Fig. 728 giebt einen Querschnitt durch das Schlachthaus, welches 84,42 Meter lang, 30,13 Meter tief und im Mittelraum 13,18 Meter hoch ist. Das Grossvieh wird in den Kammern geschlachtet und kommt dann zur Auskühlung und Aufbewahrung in die Halle, wo es bis zum Weitertransport in die Stadt verbleibt, während das Kleinvieh gleich in der Halle geschlachtet wird. Vor dem Schlachten steht das Vieh längs der Frontwände bei *A* unter 1,88 Meter vorspringenden Schutzdächern an eisernen Ringen angebunden. In den Kammern sind in entsprechender Höhe 2 Balken aus I-Eisen in ca. 1,7 Meter Abstand angebracht, auf deren oberen Flantschen kleine Wagen stehen, woran die Rinder aufgehängt werden. Die Wände der Halle und der Kammern wurden bis zur Höhe von 3,76 Meter mit Cementmörtel geputzt, während der mit starkem Gefälle versehene Fussboden asphaltirt ist; Wände und Fussboden lassen sich daher sehr leicht abspülen; ventilirt wird die Halle durch die oberen grossen Kippfenster. Im Ganzen sind in den Berliner Schlachthäusern 84 Kammern vorhanden, worin täglich 1000 Rinder geschlachtet werden können, wenn man pro Kammer und Stunde 2 Stück rechnet, während der tägliche Consum von Berlin nur 225 Stück Rinder pro Tag erfordert.

Fig. 728.



Die **Schweineschlachthäuser** werden wegen der eigenthümlichen Behandlung und Verwendung dieses Schlachtviehes von den übrigen Schlachträumen abgesondert, indem die Dämpfe des heissen Wassers, womit die Haut des Schweines abgebrüht wird, den übrigen Fleischsorten schädlich sind. Ein gemeinschaftlich zu benutzender Brühkessel von ca. 1,9 Meter Durchmesser kann täglich etwa 40 Schweine aufnehmen; mit den nöthigen Bänken etc. erfordert ein solcher ca. 200 □ Meter Grundfläche: nach diesen Daten ermittelt sich die Anzahl der Kessel.

Das Absengen der Borsten des todten Schweines, wie es grösstentheils in Frankreich und in der grossartigen Schlächterei zu St. Pauli in Hamburg üblich ist, wurde bei den Berliner Schweineschlachthäusern nicht angewendet, sondern hier ist das Brühverfahren vorgezogen. Den Brühbottichen kann je nach Bedürfniss kaltes oder kochendes Wasser durch unterirdische Röhren zugeleitet werden. Das Abborsten des gebrühten Schweines geschieht auf niedrigen Tischen; bevor die Eingeweide herausgenommen werden, spült man die Thiere mit Hülfe kleiner Wand-Krahne nochmals in kaltem Wasser.

Die Berliner Schlachthäuser werden durch einen Dachaufbau und durch seitliche Kippfenster gut ventilirt. Alle Wände sind bis zur Höhe von 2,51 Meter mit Cementmörtel geputzt; der asphaltirte Fussboden hat ein Gefälle von ca. 1 : 24.

Ausser den bisher genannten Einrichtungen erfordert eine Schlachthausanlage noch eine Kaldaunenwäsche, Talgschmelzerei, Albuminfabrik, Eiskeller u. s. w. Die Grösse der **Kaldaunenwäsche**, wo die innern Theile des Schlachtviehes gereinigt und gekocht werden, ist sehr verschieden, sie variirt zwischen 100 und 600 □ Meter Flächenraum. Bei den Berliner Schlachthäusern hat dieselbe ca. $30 \times 9 = 270$ □ Meter Grundfläche. Fussboden und Wände sind aus solchen Materialien herzustellen, von denen der Schmutz leicht durch Spülung weggewaschen werden kann.

In der **Talgschmelzerei** werden die von den Knochen und Eingeweiden abgetrennten Fetttheile in eisernen Digestoren mittelst Dampf von 3 Atmosphären Spannung gekocht, wobei sich der Talg auf der Oberfläche des condensirten Wassers abscheidet. Nach dem Ablassen des letzteren drückt man die Fettmasse durch Dampf in den Klärbottich und kocht dieselbe so lange, bis alles Wasser verdampft ist. Um den Talgschmelzprocess möglichst geruchlos zu machen, werden die übelriechenden Gase in einem Condensator niedergeschlagen, die etwa nicht condensirten Schmelzgase entweichen durch gemauerte Canäle in die Feuerungen der Dampfkessel.

In der **Albuminfabrik** wird aus dem Blute der Thiere das zu Klär- und Appretirmittel in der Zeugdruckerei gebrauchte Albumin gewonnen. Bei dem einfachen Process wird das Blut in Zinksatten aufgefangen, worin es zu einer rothen Gallerte erstarrt. Nachdem dieselbe in Würfel geschnitten und in Blechsieben etwa 30 Stunden sich selbst überlassen ist, hat sich das Blutwasser von dem zurückbleibenden Blutkuchen getrennt. Das Blutwasser wird nun in flachen Zinktellern einer Wärme von 40° ausgesetzt, wodurch, nach Verdampfung des Wassers, das Albumin sich als hellgelber zäher Körper abscheidet.

In ähnlicher Weise ist auch die neue Schlachthausanlage zu **Buda Pest** *) eingerichtet, die von den Architekten Herren **J. Hennicke** und **v. d. Hude** erbaut wurde.

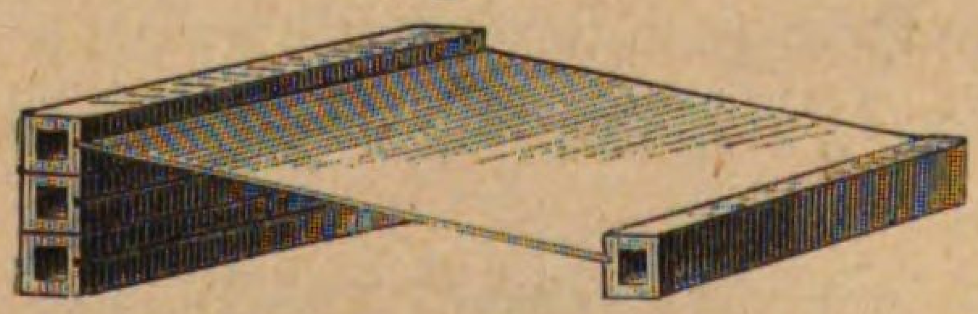
§. 110. Construction der Gewächshäuser.

Die Gewächshäuser dienen zum Aufbewahren und zum Ziehen solcher Pflanzen, die im Freien wegen klimatischer Verhältnisse nicht gedeihen können. Wände und Bedachung der Gewächshäuser werden grössten Theils aus Glas hergestellt, indem fast alle Pflanzen viel Licht zu ihrer Entwicklung nöthig haben. Entweder können diese Glashäuser nur zum Durchwintern der Gewächse bestimmt sein, oder sie können den Zweck haben, Früchte und Gemüse zur Frühreife zu bringen, im letzteren Falle heissen sie **Treibhäuser.** Dies sind Warmhäuser (Caldarien) mit Erdbeeten, in denen die Pflanzen meist das ganze Jahr hindurch bleiben; die Temperatur in denselben darf nicht unter 8° C. sinken und 20° C. nicht übersteigen. Das Wasser, womit die Pflanzen der Treibhäuser begossen werden, muss mindestens den Wärmegrad der Luft des Hauses haben. **Kalte** Gewächshäuser (Orangeriehäuser oder Conservatorien) haben im Innern eine Temperatur von +3 bis 7° C.; **capische** Gewächshäuser, für Pflanzen die am Cap der guten Hoffnung, in China, Neuholland etc. heimisch sind, +6 bis 10° C. und **lauwarme** Häuser (Tepidarien) +10 bis 15° Celsius.

Die Heizung der Gewächshäuser geschieht entweder durch Feuercanäle, oder weit zweckmässiger durch die Warm- oder Heisswasserheizung, welche später ausführlicher beschrieben wird. Zur Beurtheilung des Wärmegrades sind Thermometer in den Gewächshäusern anzubringen. Pflanzen, die nur gegen harte Fröste geschützt werden sollen, hält man in **Mistbeeten** oder ausgemauerten, nicht heizbaren Erdhäusern, da dieselben schon im Kalthause übertrieben werden.

Um zarte Pflanzensorten im Freien bei rauher Witterung in einfacher Weise zu schützen, kann das Verfahren von **Rendle and Looker** empfohlen werden. Dieselben brennen aus Thon etwa 20 Centim. lange, im Querschnitte quadratische Röhren, welche an der einen äusseren Langseite einen Einschnitt haben. Aus solchen Rohrstücken errichtet man nach Fig. 729 ohne Mörtel zwei kleine Mauern, eine etwas höher als die andere, und schiebt Glastafeln in die sich gegenüberliegenden Fugen, wodurch man ein zweckmässiges Schutzdach erhält.

Fig. 729.



Zu den tragenden Constructionstheilen der Gewächshäuser wird jetzt allgemein Eisen angewendet, da selbst das festeste Holz durch die stets feuchte Luft in wenigen Jahren zerstört wird, auch wenn es mit einem guten Anstriche versehen ist. Ausserdem aber bilden sich, durch die Wärme- und Feuchtigkeitsunterschiede, Risse in den Holztheilen, in denen sich leicht Insekten aufhalten, die den Pflanzen schädlich werden können. Ein fernerer Vortheil zu Gunsten des Eisens sind die kleineren Querschnittsdimensionen desselben, wodurch das Licht weniger von den Pflanzen abgehalten wird, als bei den breiteren Holzconstructionen.

Die Querschnittform der Gewächshäuser muss sich besonders nach den darin aufzustellenden Pflanzen richten und ist verschieden, je nach der Grösse und dem Bau der Pflanzen. Für das Gedeihen der letzteren wird erforderlich erachtet, dass sich die Aussen-

*) Publicirt in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1875.

wände der Häuser annähernd an die Kronenform der Pflanzen anschliessen, was auch schon der Raumersparung wegen nöthig ist, damit eine möglichst kleine Glaswandfläche erforderlich wird und keine überflüssige Luftmenge geheizt zu werden braucht. Entweder können die Pflanzenwipfel **eine** geneigte oder **zwei** geneigte Ebenen bilden, oder sie können kegel- oder kugelförmig sein; das Gewächshaus erhält hiernach zweckmässig entweder ein Pult-, ein Sattel- oder ein Kuppeldach. Manche Häuser, z. B. für Ananastreiberei, müssen möglichst niedrig und flach sein, damit die feuchte warme Luft nicht zu viel nach oben steigen kann, sondern dicht über den Pflanzen gehalten wird.

Ein wesentliches Erforderniss für das Gedeihen der in den Gewächshäusern aufgestellten Pflanzen ist eine genügende Erneuerung der Luft, es muss daher für ausreichende Ventilation gesorgt werden, und zwar muss die Ventilation in den Pflanzenhäusern noch stärker sein, als in den eigentlichen Treibhäusern.

Das Abtropfen des Schwitzwassers, welches sich an den Eisentheilen und Glasflächen der Gewächshäuser bildet, ist von grossem Nachtheil für die Pflanzen, es ist also Sorge zu tragen, dass das Schwitzwasser durch Zinkblechrinnen abgeführt wird.

Das zu den Treibhäusern verwendete Glas muss möglichst frei von Blasen sein, indem die Blasen Sammellinsen bilden und durch die Sonnenstrahlen auf den Blättern der Pflanzen Brandflecke erzeugen.

Auf **Blatt 15** sind verschiedene zweckmässig ausgeführte Gewächshäuser dargestellt. Fig. 1 bis 3 zeigt ein von dem Herrn Geh. Baurath **F. Hitzig** entworfenes Gewächshaus mit Salon und Gärtnerwohnung. Dasselbe ist nach dem Grundrisse Fig. 2 in 3 Abtheilungen von ungleicher Grösse eingetheilt, so dass das Kalthaus, welches zur Aufstellung grösserer Pflanzen höher gehalten ist als die beiden andern Abtheilungen, die Hälfte des ganzen Raumes in Anspruch nimmt. Die übrigen beiden Abtheilungen sind Warmhäuser und werden von der darhinter liegenden Heizkammer aus geheizt. Der Querschnitt Fig. 3 macht ersichtlich, dass das Glasdach des Gewächshauses eine Pultform hat, mit einer vorderen verticalen Glaswand, eine Form, die gewöhnlich angewendet wird, wenn die Front des Gewächshauses nach Süden gerichtet werden kann. Zur Ventilation der Häuser sind in der Mittelmauer Oeffnungen angebracht, die oberhalb des Daches ausmünden und im Innern des Hauses verschliessbare Klappen haben. Die tragenden Constructionstheile dieses Gewächshauses sind noch aus Holz ausgeführt, was aus den oben angeführten Gründen nicht zu empfehlen ist.

Zwei vom Verfasser dieses für die Villa **Krupp** bei **Essen** grösstentheils aus Eisen und Glas construirte Gewächshäuser sind auf **Blatt 15** in Fig. 4 bis 18 dargestellt. Dieselben liegen in einem Thalkessel, der sich nur nach Süden zu öffnet, wodurch die Treibhäuser vollständig gegen die kalten Nordwinde geschützt sind. Die Situation dieser Gewächshäuser ist in Fig. 4 angedeutet; *a* und *b* sind 2 ältere Häuser mit Pultdächern, *c* ist ein aus Stein erbautes Orangeriehaus mit grossen Fenstern in der Fronte, *d* ein Blumenhaus mit einem Satteldache nach Fig. 10, *e* ein ebenso geformtes Haus für Ananastreiberei und *g* ein Weintreibhaus mit einem Pultdache nach Fig. 6; auch die beiden Häuser *h* sind für Weintreiberei bestimmt. Einen Querschnitt durch die letzteren 3 Häuser giebt Fig. 5, woraus ersichtlich, dass die Weintreibhäuser an den Futtermauern der 3 übereinander liegenden Terrassen angebaut wurden. Die lichte Länge des Weintreibhauses *g* Fig. 4 beträgt 39,6 Meter und schliesst sich an jedem Ende ein kleiner Vorraum an, hinter dem, nach dem Grundrisse Fig. 7, der Heizraum für die Warmwasserheizung in die Terrasse eingebaut ist.

Das Pultdach des ganzen Treibhauses wird von 11 Bindern getragen, die $39{,}6/12 = 3{,}3$ Meter von Mitte zu Mitte entfernt aufgestellt sind, wobei zwei Glaswände, nach Fig. 6 an den Bindern befestigt, die Länge des Raumes in 3 gleiche ca. 13 Meter lange Abtheilungen eintheilen, welche in der Weise geheizt werden, dass die 8 Centim. weiten gusseisernen Röhren der beiden Wasserheizungen in den Endabtheilungen nur in einem Doppelstrange, in der mittleren Abtheilung aber in 2 solchen Strängen durchlaufen, indem

das Steigerohr *a* und Rücklaufrohr *b* Fig. 7 von beiden Heizungen durch die mittlere Abtheilung geführt ist; diese kann also von beiden Heizungen gemeinschaftlich geheizt oder durch Drosselklappen ganz von den Heizungen abgestellt werden.

Aus dem Querschnitte Fig. 6 wird die Construction der Binder ersichtlich; es bestehen nämlich die verticalen Stützen der vorderen Glaswand aus Gusseisen und werden dieselben oben durch einen gusseisernen Langträger miteinander in Verbindung gebracht. An den Stossstellen nimmt der Langträger zwischen angegossenen Oehren gewalzte **I**-Träger auf, welche die eigentlichen Binder des Daches bilden, die in der Futtermauer auf gusseisernen, mit der Mauer verankerten Stühlen aufgeschraubt sind. Zwischen den Bindern wurden 2 Fetten *d* aus gewalztem **I**-Eisen befestigt, und zwar mit länglichen Löchern, damit sie ihre Länge den Temperatureinflüssen gemäss ändern können; auf diesen Fetten ruhen ⊥-Eisen, welche die Fensterrahmen zwischen sich aufnehmen. Zur festeren Verbindung der Binder mit den Stützen dienen die gusseisernen Consolen *f*, die mit beiden Theilen verschraubt sind.

Das Fundament der vorderen Wand besteht aus Pfeilern unter den Bindern, zwischen denen 1 Stein starke Gurtbogen ausgeführt wurden, damit die nahe an der Vorderwand eingesetzten Weinstöcke ihre Wurzeln, unter den Bogen durch, nach aussen treiben können, welche Methode sich vorzüglich bewährt hat. Auf den seitlich mit Cement verputzten Gurtbögen ist eine schwache Isolirschicht aus Asphalt aufgebracht, und hierauf ist der Sockel *b* verlegt, aus Sandstein bestehend, der an Ort und Stelle gewonnen wurde. Damit die einzelnen Steine des Sockels nicht ausweichen können, sind an den Stellen, wo die Steine zusammenstossen, vertical stehende Flacheisen in den Bogen eingemauert, die in entsprechende Nuthen der Steine eingreifen und mit Cement darin festgegossen wurden, wodurch der ganze Sockel fest zusammenhängt und auch mit dem Mauerwerk solide verbunden ist. In dem Sandsteinsockel sind die gusseisernen Stützen ziemlich gut passend ca. 2 Centim. tief eingelassen; nachdem sämmtliche Binder fertig aufgestellt und mit dem Langträger verbunden waren, sind die Fugen mit einem Kitt aus Glycerin und Bleiglätte dicht verstrichen. Dieser Kitt ist sehr zweckmässig zur Verbindung von Eisen und Stein, er erlangt eine grosse Festigkeit, ist unlöslich und wird nur von starken Säuren angegriffen. Man bereitet denselben aus ganz reiner Bleiglätte, die mit Glycerin zu einem Brei angerührt und rasch verbraucht wird, indem der Kitt sehr schnell erhärtet. Je mehr Wasser eine Bleiglätte aufsaugt, um so geeigneter ist sie zu einer solchen Kittmasse und um so haltbarer wird dieselbe.

Den Querschnitt der Stützen unter den Bindern zeigt Fig. 730 und die Verbindung derselben mit den einzelnen Theilen des Langträgers Fig. 14, **Blatt 15.** Um das **I**-Eisen der Binder zwischen sich aufzunehmen, sind die Ohren *o* um die halbe Stegdicke von den Enden des Trägers entfernt angegossen und werden die drei Theile durch einen 16 Millimeter starken Schraubenbolzen zusammengehalten. An ihrem oberen Ende haben die Stützen zwei Ohren *m*, womit sie in dem Langträger mittelst Schraubenbolzen befestigt sind; der Stoss der Langträger liegt oberhalb der Stützen. Wie aus der theilweisen Ansicht des Treibhauses Fig. 8 hervorgeht, ist jedes Binderfeld in 3 Theile getheilt, wobei 2 Zwischenstützen, in derselben Weise wie die Hauptstützen, unter dem von Binder zu Binder in einer Länge durchlaufenden Langträger geschraubt sind; der Querschnitt dieser etwas schmäleren Zwischenstützen ist in Fig. 731 angedeutet.

Fig. 730.

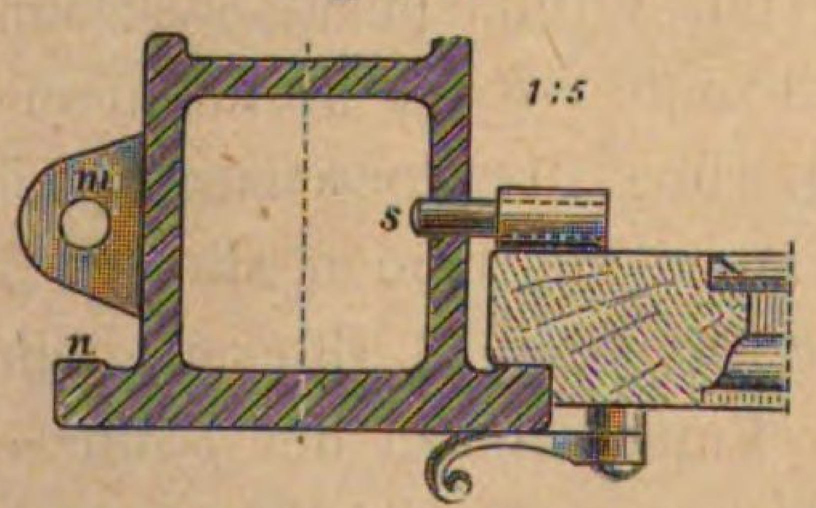
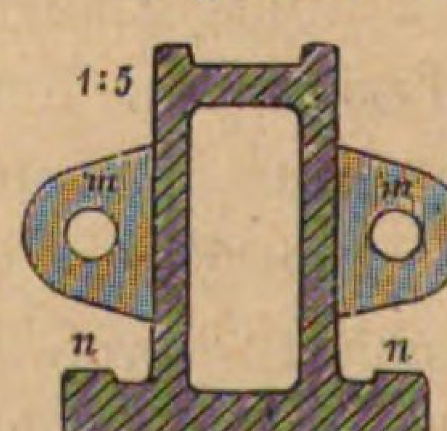


Fig. 731.

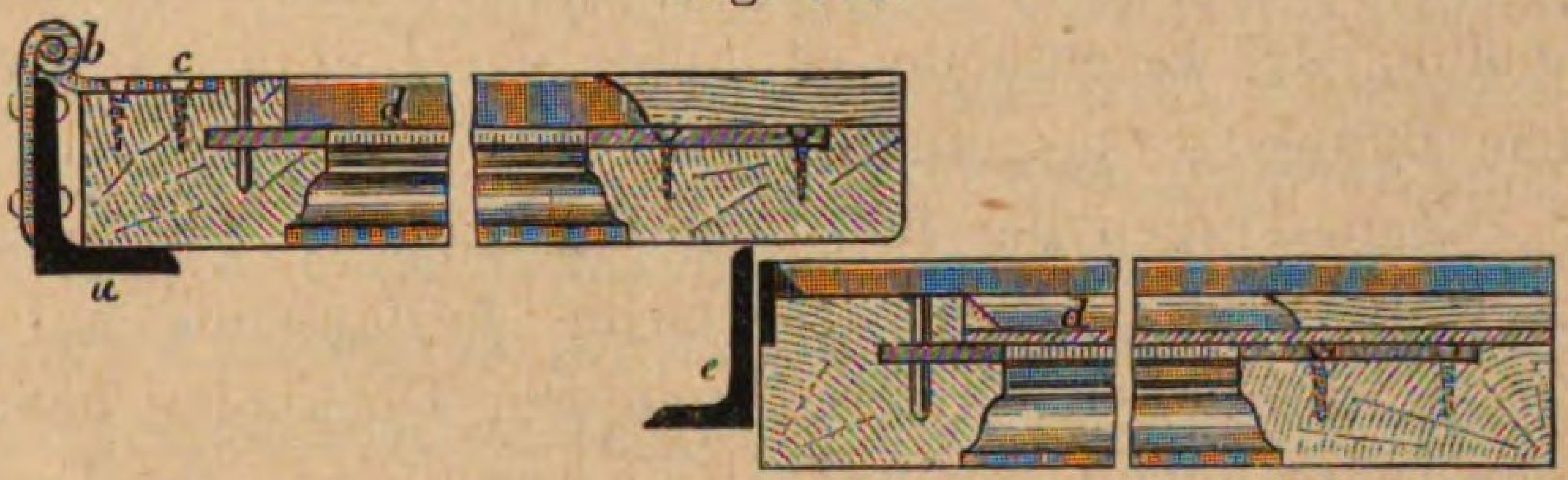


Sämmtliche Fensterrahmen wurden aus gutem Eichenholze hergestellt, mit eisernen Glassprossen versehen und 3 mal mit Oelfarbe gestrichen. Für die Fenster kann der Einfachheit halber immerhin Holz verwendet werden, da dieselben sich leicht durch andere ersetzen lassen, wenn die alten schadhaft geworden sind.

Fig. 16, **Blatt 15** zeigt die Winkel, aus 3 Millim. starkem Blech, wodurch die Rahmhölzer der Fenster in den Ecken verbunden wurden. In der Vorderwand greifen die Rahmen mit einem Ansatze zwischen die Stützen und dem Langträger so ein, dass sich der Ansatz gegen eine etwas vorstehende Leiste legt, die nöthigen Falls bearbeitet werden konnte, wenn dieselbe im Gusse ungerade ausgefallen war. Nachdem man die Rahmen zwischen die fertig aufgestellten Eisentheile gut eingepasst hatte, wurden die Bänder *s*, Fig. 14, die mit Zapfen in die Stützen eingreifen und sich darin drehen, aufgeschraubt, so dass nun der Rahmen zwischen den Stützen in der gehörigen Lage festhing. Unten legt sich das Rahmenholz nach Fig. 15 gegen den Sandsteinsockel, an dem eine möglichst gerade Fläche angearbeitet ist, nachdem die Stützen fertig dastanden. Zum Oeffnen der Fenster dienen Stangen aus schwachem Flacheisen, wie in Fig. 6 angedeutet ist; diese sind mit einer Reihe Löcher versehen, damit die Fenster beliebig weit offengestellt werden können.

Das Pultdach hat im oberen Theile Fenster, welche zum Aufklappen eingerichtet sind, während der untere Theil, bis auf etwa $^2/_3$ der Dachhöhe, mit Schiebefenstern bedeckt ist, die im Sommer ganz abgenommen werden können. Aus Fig. 17 und 18, **Blatt 15,** lässt sich die Construction dieser Fenster erkennen. Die oberen Fenster ruhen nämlich nach Fig. 17 auf Sprossen aus ⊥-Eisen, die am Steg mit kleinen Rinnen versehen sind, wodurch das Wasser abgeführt wird. Mit dem oberen Ende, unter der Abdeckplatte bei *e*, Fig. 6, liegen die Sprossen auf dem Winkeleisen *a*, Fig. 732, wogegen sie mit dem untern Ende auf dem Winkeleisen *e*, Fig. 732, befestigt sind. An den Rahmen der Schiebefenster wurden an den beiden Langseiten und oben 3 Millim. starke Flacheisen mittelst versenkter Holzschrauben angeschraubt. Diese Flacheisen versteifen die aus Eichenholz bestehenden Fensterrahmen wesentlich, und haben den Zweck, ein leichtes Gleiten der Schiebefenster auf den ⊥-Eisensprossen, Fig. 18, zu ermöglichen; da die Flacheisen oben vorstehen, so verhindern sie auch das Eindringen des Schlagregens zwischen Schiebefenster und Sprosse. Auf den ⊥-Eisen, Fig. 18, sind gewalzte eiserne Deckleisten zur Abhaltung des Regens angebracht, sie wurden mit kleinen Schrauben, die in den Steg der ⊥-Eisen eingreifen und oben vernietet sind, befestigt; **Gabriel** und **Bergenthal** in Soest walzen solche Leisten.

Fig. 732.



Die angewendeten Fenstersprossen, deren Profil in nat. Gr. Fig. 733 giebt, wurden auch von der genannten Firma geliefert; ihre Befestigung in den Holzrahmen erhellt aus Fig. 732, worin dieselben mit *d* bezeichnet sind. Am untern und obern Ende ist die verticale Rippe der Sprossen weggehauen, dann ist das obere Ende der Sprosse in das Rahmenholz eingelassen und mit einem durchgeschlagenen Stifte befestigt, unten dagegen mit 2 Holzschrauben auf das Rahmenholz aufgeschraubt; das letztere ist am untern Ende des Fensters nämlich niedriger gehalten, damit das Regenwasser von den Glastafeln abrinnen kann.

Fig. 733.



Zum Offenstellen der oberen Dachfenster kann der in Fig. 6, **Blatt 15** angedeutete Winkelhebel *r* dienen, an dessen einem Arm das Fenster mittelst einer Stange befestigt ist, während an den andern Arm eine über eine Rolle vertical herabgeleitete Schnur angreift. Der Fensterrahmen dreht sich hierbei um die an dem oberen Winkeleisen resp. an den Fensterrahmen befestigten Charnierbändern *b* und *c* Fig. 732. Auch die unteren Schiebefenster werden zweckmässig durch starke Schnüre festgehalten, die über kleine Rollen geführt und an der Mauer an Haken festgehängt werden können. In dem vorliegenden Falle sind schwache Federn unter den Sprossen festgenietet, welche mit kleinen runden Zapfen an entsprechenden Stellen in die Fensterrahmen eingreifen und dadurch das Herabgleiten der Schiebefenster verhindern. Sowohl die verticalen wie auch die ge-

neigten Fenster sind nach der in Fig. 605 und 606 dargestellten Weise mit $^6/_4$ starkem möglichst blasenfreien Tafelglas II. Sorte verglast, mit etwa 15 bis 20 Millim. langer Ueberdeckung. Die grössten Tafeln hatten 49 Centim. Länge und 32 Centim. Breite, sie kosteten pro Stück 0,54 Mark, oder pro □Meter 3,45 Mark. Für das Einsetzen und Verkitten der Scheiben wurde pro Stück 0,25 Mark bezahlt. Die Glastafeln sind oben gerade geschnitten, unten aber ein wenig abgerundet, damit das abfliessende Wasser immer möglichst auf die Mitte der Tafeln geleitet wird.

Die Verbindung der beiden Fetten *d*, Fig. 6, **Blatt 15** mit den Bindern des Treibhauses ist in Fig. 734 und 735 dargestellt. An den Bindern sind nämlich kurze Winkellaschen angenietet, zwischen denen die Fetten mit einer Schraube an jedem Ende befestigt wurden. Das Schraubenloch in der Fette ist etwas länglich gestaltet, wodurch den Fetten eine freie Längenänderung gestattet wird. Beide **I**-Eisensorten lieferte das Walzwerk zu **Hörde** (Westfalen). Die 12 Stück gusseisernen Langträger *a* Fig. 6 wiegen zusammen 1209 Kilogr., die 37 Stück Stützen *a b* zusammen 1087 Kilogr. und kosten beide Theile 523,5 Mark; per 1000 Kilogr. wurden 228 Mark bezahlt. Die 11 Stück Consolen *f* kosteten 79 Mark und die 11 Stück auf der Mauer liegenden Binderschuhe 42 Mark. Sämmtliche Gusstheile lieferte die **Prinz Rudolphhütte** bei **Dülmen.** Die Verbindung der Eisentheile ist unter der Leitung des Verfassers von eigenen Arbeitern auf dem Bauplatze ausgeführt.

Fig. 734.

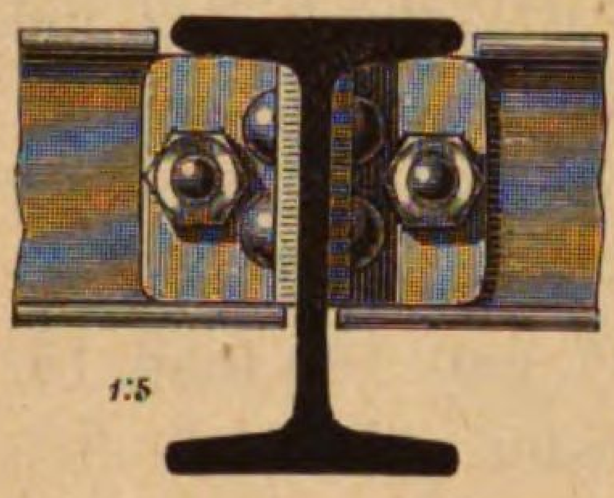


Fig. 735.



Zum Tragen der hölzernen Deckladen *c*, Fig. 6, sind 2 Stück 5 Centim. hohe ⊐-Eisen, über die ganze Länge des Daches fortlaufend, auf die Sprossen genietet; hinter diese greifen die auf der unteren Seite der Deckladen befindlichen Leisten, so dass die Laden sehr leicht aufzulegen und abzuheben sind. Zur Herstellung der beiden innern Scheidewände wurden für die Thüröffnung und zur Abdeckung der niedrigen $^1/_2$ Stein starken mit Cement verputzten Mauer 6 Centim. hohe ⊐-Eisen verwendet, in diesen sind die Glassprossen Fig. 733 befestigt; die Thür besteht aus Eichenholz mit eisernen Sprossen.

In jeder Abtheilung des Treibhauses befindet sich ein runder gemauerter Wasserbehälter, der etwas über dem Erdboden vorsteht und mit Cement verputzt ist. Dicht über den Heizröhren *t* liegt ein Blumenbort aus gehobelten Schieferplatten von $2^1/_2$ Centim. Stärke, in Längen von ca. $1^1/_2$ Meter von der Schieferbau-Actien-Gesellschaft in **Nuttlar** (Westfalen), zum Preise von 7,5 Mark pro □ Meter geliefert. Der Schiefer ist zu diesem Zwecke sehr empfehlenswerth, da er eine glatte Oberfläche und grosse Dauer hat; hölzerne Latten zum Aufstellen der Blumentöpfe verwendet, werden durch Fäulniss sehr bald zerstört, auch bilden sich in den Rissen derselben viele Insekten, die den Blumen schädlich werden.

Zur Winter-Ventilation des Weintreibhauses dienen die in der Futtermauer angebrachten Canäle *v*, die in der Mitte zwischen je 2 Bindern angelegt und mittelst Schieber verschliessbar eingerichtet sind. Ein kurzes Zinkblechrohr mit einer Kappe verhindert das Eindringen des Regens in die Canäle.

Ganz ähnlich wie das Pultdach des Weintreibhauses ist auch das Satteldach des Blumenhauses construirt, dessen Grundriss Fig. 9, dessen Querschnitt Fig. 10, **Blatt 15** darstellt. Der Fussboden dieses Hauses ist ca. 45 Centim. tiefer gelegt als das äussere Terrain, theilweise um die Wärme besser zu halten, theils auch, um das Dach aussen möglichst niedrig halten zu können, damit die Deckladen sich bequem auflegen lassen. Die Fundamentmauern sind aus Bruchsteinen und Ziegeln voll durchgeführt und mit einem Sandsteinsockel abgedeckt. Hierin wurden die gusseisernen Stützen, deren Querschnitt durch eine innere Vorlage etwas verstärkt ist, in der oben erwähnten Weise befestigt. Die 5 Binder des Satteldaches bestehen je aus 2 **I**-Eisen, nach Fig. 734, die im First durch ein Gussstück und durch Blechlaschen miteinander verbunden sind. Die Ansicht des gusseisernen Verbindungsstückes zeigt Fig. 12, den Querschnitt nach *C-D* Fig. 13;

dasselbe wurde aus dem Grunde gewählt, damit Zugstangen, welche den Raum beengt haben würden, aus den Bindern weggelassen werden konnten. Den Längenverband des Satteldaches bilden, ausser den beiden unteren gusseisernen Langträgern, noch 6 Stück gewalzte Fetten nach Fig. 735 und 2 Winkeleisen, worauf die Glassprossen festgenietet sind. An den Enden des Hauses sind die Langträger und Fetten in den Giebelmauern eingemauert.

Auf ca. $^2/_3$ der Höhe ist das Dach mit Glas fest eingedeckt, während in dem oberen Theil desselben je im 2. Felde ein bewegliches Fenster angeordnet ist, wodurch das Haus genügend ventilirt werden kann; in den beiden verticalen Wänden lassen sich sämmtliche Fenster wie im Weintreibhause öffnen. Ein dichter Abschluss im First des Daches ist durch die Zinkblechkappe *f* hergestellt, die von eisernen Bügeln auf den Bindern festgehalten wird. Durch eine Scheidewand aus Glas und Eisen, unter dem mittleren Binder, ähnlich wie im Weintreibhause angebracht, wird das Haus in 2 Abtheilungen von gleicher Grösse eingetheilt, wovon jede für sich durch eine gemeinschaftliche Warmwasserheizung mittelst der Rohrleitung *t* heizbar ist. Der Heizraum befindet sich an dem einen Ende des Hauses unter dem Terrain und ist durch eine eiserne Leiter bequem zugängig.

Das mittlere Beet mit einer aus Ziegeln hergestellten mit Cement verputzten Einfassungsmauer versehen, hat keine Bodenwärme erhalten, weil dieselbe für die aufzustellenden Gewächse nicht erforderlich war. Ringsherum an den Wänden wurde ein 60 Centim. breites Blumenbort aus $2^1/_2$ Centim. starken gehobelten Schieferplatten angeordnet, worauf eine grosse Anzahl Blumentöpfe gestellt werden kann. An beiden Giebelenden wird das Haus durch massive Mauern, Fig. 9 und 11, aus röthlich gelben Ziegeln, abgeschlossen, dieselben haben doppelte Eingangsthüren, sind mit Platten aus grauem Sandstein abgedeckt und mit Vasen und Akroterien aus gebranntem Thon verziert. Den Entwurf zu diesen Mauern hat Herr Baumeister **Ed. Schwarz** geliefert.

Die 5 Stück Verbindungsstücke im First der Binder wiegen zusammen 260 Kilogr. und kosten 71 Mark; die 38 Stück gusseisernen Stützen wiegen 1245 Kilogr. und die 12 Stück Langträger 1318 Kilogr., letztere beiden Theile kosten 585 Mark. Das Gewicht der 10 Stück gusseisernen Eckverbindungen beträgt zusammen 125 Kilogr., dieselben kosten 72 Mark.

Sämmtliche Eisen- und Holztheile der Treibhäuser sind grünlich-grau angestrichen. Der 4 malige Oelfarbenanstrich des Weintreibhauses kostete 450 Mark.

Ein Treibhaus mit einem ungleichschenkligen Satteldache ist in Fig. 19, **Blatt 15** in der Ansicht dargestellt, diese Form wird für freistehende, mit der Fronte gegen Süden gerichtete Häuser oft desshalb gewählt, um die Eingangsthür zweckmässig anbringen zu können. Der obere Theil jedes 2. Dachfensters ist ein Schiebefenster, welches mittelst einer starken Schnur herabgelassen werden kann; die kleinen Fenster in der Fronte lassen sich ebenfalls öffnen.

Die Gewächshäuser im königl. botanischen Garten zu München*), von dem verstorbenen Oberbaurath **August v. Voit** in den Jahren 1860—67 erbaut, sind in der Situation in Fig. 20, **Blatt 15** angedeutet Die Längenfronte der grossen Gewächshäuser ist gegen Süden gerichtet und wird das Haus durch das botanische Museum gegen die kalten Nordstürme geschützt. Die kleineren Gewächshäuser liegen südlich von den grossen, im rechten Winkel mit deren Längsaxe, und zwar östlich das Kalthaus, westlich das Warmhaus und zwischen beiden das Aquarium. Damit die grossen Gewächshäuser durch die kleineren nicht beschattet werden, sind die letzteren um 1,75 Meter tiefer gelegt; unter der hierdurch gebildeten Terrasse konnte man die erforderlichen Heizungs-, Arbeits- und Requisitenräume unterbringen.

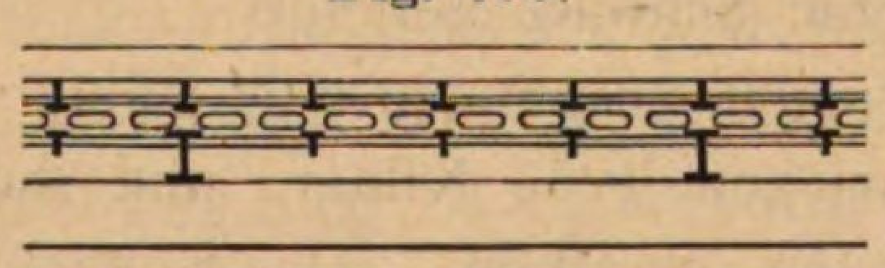
Das **Palmenhaus**, den mittleren Theil der grossen Gewächshäuser bildend, hatte eine ca. 12 Meter hohe Palme und andere baumartige tropische Pflanzen aufzunehmen;

*) Publicirt in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1867. S. 315.

es ist ein Quadrat von 14,6 Meter Seite mit einem eisernen Kuppeldache überwölbt. Das Haus wird durch eine Warmwasserheizung auf 15° Celsius erwärmt, zu welchem Zwecke in den 0,8 Meter breiten mit durchbrochenen Gittern abgedeckten Heizcanälen 12 Röhrenspiralen circuliren, welche eine Gesammtrohrlänge von 975 Meter haben. An der östlichen Seite des Palmenhauses schliesst sich das **grosse Warmhaus** an, was durch keine Abschlusswand von diesem getrennt ist, indem beide gleiche Temperatur erfordern. Dasselbe hat, wie der Querschnitt Fig. 15, **Blatt 14** zeigt, eine Breite von 9,63 Meter und ist mit einem unter 18° gegen den Horizont geneigten Pultdache gedeckt. Am Ende desselben schliesst sich ein walmförmig gedeckter Pavillon an, gegen diesen lehnt sich ein halbkreisförmiger Abschlussbau von 3,21 Meter Radius.

Um das Abtropfen des Schwitzwassers von den Eisentheilen möglichst zu verhüten, sind alle tragenden Eisentheile nach aussen gelegt. Die innern Wandflächen, aus Glas und ⊥-Eisensprossen, werden somit durch keine anderen Constructionstheile unterbrochen. Da Glas und Eisen sehr gute Wärmeleiter sind, so wurden alle Aussenwände des grossen Treibhauses und Palmenhauses doppelt hergestellt, und zwar in solcher Weise, dass die Constructionstheile der äussern von der innern Wand vollständig getrennt sind und sich nur an wenigen Verbindungsstellen berühren. Diese ⊏-förmigen Verbindungen sind in 1,75 Meter Abstand angebracht und haben auch den Zweck, die Circulation der zwischen beiden Wänden befindlichen Luftschicht und somit die Ausgleichung der innern und äussern Temperatur zu hindern. Der Abstand der äussern von der innern Wand beträgt nicht ganz 12 Centim.; bei geringerem Abstande wird die Wärme zu leicht abgeleitet, bei grösserem aber ist eine Circulation der zwischenliegenden Luftschicht ermöglicht. Einen theilweisen Querschnitt durch die Glaswände giebt Fig. 736. Damit der angesetzte Tropfen des Schwitzwassers an den Glasdecken nicht im Ablaufen gehindert wird, überdecken sich die Tafeln der innern Wand nicht, sondern stossen stumpf aneinander. In den Aussenwänden haben die Glastafeln nach unten einen convexen, nach oben einen concaven Bogenschnitt erhalten, damit das abfliessende Regenwasser immer nach der Mitte der Tafeln geführt wird. Die Glastafeln überdecken sich gegenseitig auf einer Breite von 15 Millim. ohne Kitt oder sonstiger Zwischenlage. Jede obere Tafel ist an die untere mit Blechstreifen (S. 293) angehängt, mit Heftstiftchen an die Sprosse festgedrückt und der Falz mit Oelkitt ausgestrichen.

Fig. 736.



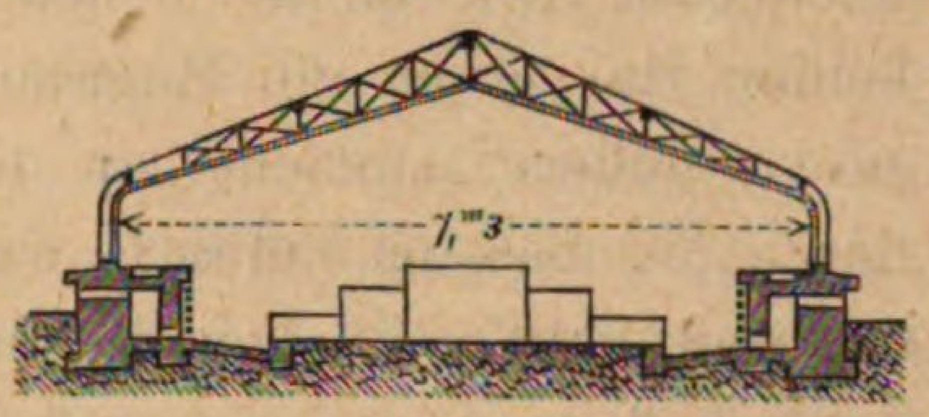
Die Wege im grossen Warmhause und Palmenhause werden durch die mit durchbrochenen Eisengittern bedeckten Heizcanäle gebildet. Zwischen denselben ist ein 44 Centim. hohes Beet *B*, Fig. 15, **Blatt 14**, mittelst Cementplatten abgegrenzt, dessen Boden durch Heisswasserröhren erwärmt wird. Die Röhren liegen in Spiralen auf einem ebenen Backsteinpflaster und auf dieselben ist Gerberlohe aufgefüllt, in welche die Pflanzentöpfe bis an den obern Rand eingesetzt werden, um die Pflanzen durch Erwärmung ihrer Wurzeln zum üppigen Wachsthum zu bringen. Zur Beheizung des Hauses auf ca. 15 bis 18° C. circuliren in den 58 Centim. breiten Heizcanälen 9 Röhrenstränge von zusammen 511 Meter Länge; die Länge der Röhren zur Erzeugung der Bodenwärme im Beete *B* beträgt 205 Meter. Wie im Palmenhause sind auch hier längs der Wände die Pflanzen unmittelbar in die Erde eingesetzt. Die Ventilation des Hauses wird durch die Klappen bei *A* Fig. 15 bewirkt, welche vermittelst der feststellbaren Stange *a* geöffnet und geschlossen werden können; das Detail des Hebelwerkes ist in Fig. 16 dargestellt. An der Drehaxe des zweiarmigen Hebels, woran die Stange *a* angreift, ist auch die untere Klappe befestigt, während von dem anderen Arm eine Stange *b* die Verbindung mit dem Winkelhebel *c* herstellt, der durch eine Stange mit der oberen Klappe verbunden ist. Beide Klappen werden also gemeinschaftlich geöffnet oder geschlossen.

Das **grosse Kalthaus**, westlich an das Palmenhaus angebaut, ist ganz wie das grosse Warmhaus construirt, nur hat das Beet keine Bodenwärme erhalten; es steht mit dem Palmenhause durch eine zweiflügelige 2,04 Meter breite Glasthür in Verbindung, die in

der Richtung der Wandfläche auf Rollen verschiebbar ist. In den 44 Centim. breiten Heizcanälen circuliren 6 Röhrenstränge mit einer Gesammtlänge von 342 Meter, welche den Raum auf 6° C. erwärmen.

Zur Ueberdeckung der beiden unterhalb der Terrasse liegenden Gewächshäuser sind Satteldächer gewählt, weil ihre Langseiten nicht die Lage gegen Süden haben. Jedes dieser Häuser hat eine Länge von 50,2 Meter und besteht aus je einem 21 Meter langen, 8,47 Meter breiten höheren Mittelbau und zwei 14,6 Meter langen, 7,6 Meter breiten niedrigeren Flügelbauten; ihr Fussboden ist zur Conservirung der innern Temperatur um 44 Centim. tiefer gelegt als das äussere Terrain. Um Platz zur Aufstellung der Pflanzen zunächst an der Glaswand zu gewinnen, wurde neben dem aus Backsteinen gemauerten Sockel nach der ganzen Länge der Häuser eine Einfassungsmauer aufgeführt, welche wie der Sockel mit Cementplatten abgedeckt ist. Nach dem Bedürfniss der Pflanzenaufstellung sind die Häuser in ungleich grosse Räume getheilt, und ist in jeder Abtheilung ein gemauertes Wasserbassin ausgeführt. Wände und Dachungen wurden ganz aus Schmiedeeisen construirt und einfach verglast. Im Winter werden die Häuser aber noch mit einer zweiten Ueberdeckung aus Glas und Holz versehen. Auch hier sind alle Constructionstheile möglichst nach aussen gelegt; die Binder sind Gitterträger, wie aus dem Querschnitte Fig. 737 hervorgeht, mit besonderer Horizontal-Aussteifung der oberen Gurtung. Die Dachflächen, unter einem Winkel von 20° gegen den Horizont geneigt, schliessen mittelst eines Kreisbogens von 29 Centim. Radius, welcher durch gekrümmte Glastafeln gebildet wird, an die verticale Wand an, wie dies auch bei den grossen Treibhäusern der Fall ist. Nach dem Grundrisse Fig. 17, **Blatt 14** ist im Mittel jeder Längen- und Giebelseite ein Eingang mit einer Vorthüre angebracht; die Verbindung zwischen den einzelnen Abtheilungen, welche durch einfache Glaswände geschieden sind, ist durch Schiebethüren bewirkt. Zum Schutz gegen die Kälte, namentlich im Frühjahr und Herbst, wenn die Doppelfenster noch nicht angebracht sind, werden auf die Dachungen Zudeckläden aufgelegt und die Seitenwände mit Strohmatten behängt. Zum Schutz gegen Hagelschlag und zur Beschattung werden die Dachungen im Sommer mit Holzgittern in festen Rahmen bedeckt. Um die Zudeckläden und Schattengitter leichter auf und ab bewegen zu können, sind zwischen den Hauptsparren, beim Uebergang in die Verticalwand, eichene Rollen eingesetzt. Zur Beihülfe bei dieser Arbeit, sowie zum Oeffnen der Deckklappen und zum Reinigen der Dachungen sind auf den höheren Abtheilungen entsprechende Gallerien angeordnet.

Fig. 737.

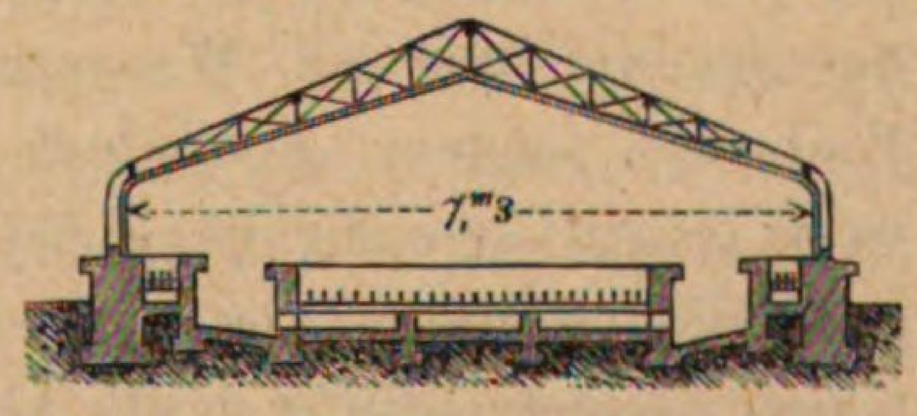


Das **kleine Warmhaus**, dessen Grundriss Fig. 17, **Blatt 14** giebt, besteht aus 6 Abtheilungen von verschiedener Grösse, und zwar aus dem:

1. kleinen Warmhaus,
2. kleinen Palmenhaus,
3. Succulentenhaus,
4. hohen Warmhaus,
5. Farrenhaus,
6. Orchideenhaus.

Den Querschnitt nach der Linie *A-B* zeigt Fig. 738. Die Hälfte der Felder zwischen je 2 Bindern ist in der verticalen Wand mit Luftklappen versehen, zur Ventilation des Hauses. Die 1. Abtheilung, das kleine Warmhaus, wird durch 7 Röhrenstränge einer Heisswasserheizung von 127 Meter Länge auf 15° C. erwärmt. Ausserdem haben nach Fig. 738 die Fensterbeete und das mittlere Beet mittelst einer Röhrenleitung von 90 Meter Länge Bodenwärme erhalten. Zu diesem Zwecke wurde beim mittleren Beet innerhalb der Einfassungsmauer 15 Centim. über dem Fussboden ein Backsteinpflaster gelegt, auf dem die Röhren, auf kleinen eisernen Unterlagen ruhend, circuliren. In der Höhe von 38 Centim. über dem Pflaster liegt ein hölzerner Rost, welcher mit Besenreisern und Moos überdeckt wurde, während der übrige Raum

Fig. 738.



bis zur Höhe der Einfassungsmauer mit Gerberlohe ausgefüllt ist, worin die Töpfe bis an den Rand eingesetzt werden. Damit in dem Röhrenraum unter dem Rost eine Luftcirculation stattfinden kann, sind in der Einfassungsmauer Oeffnungen angebracht, welche man, je nachdem die Bodenwärme vermindert oder erhöht werden soll, öffnet oder schliesst.

Das kleine Palmenhaus wird durch 7 Röhrenstränge von 91 Meter Länge auf 15 bis 18° C. erwärmt. Auch hier ist in allen Beeten mittelst einer Röhrenleitung von 58 Meter Länge Bodenwärme eingerichtet.

Im Succulentenhause ist das mittlere Beet zum grössern Theil 64 Centim., zum kleinern Theil, um höhere Pflanzen aufzustellen, nur 32 Centim. hoch. Die Länge der Heizröhren des Hauses beträgt 243 Meter. Das hohe Warmhaus, ohne Bodenwärme, wird durch 93 Meter Heizröhren auf 20° C. erwärmt, die gemauerten Einfassungen des Beetes sind mit Cementplatten abgedeckt.

Das Farrenhaus und das Orchideenhaus haben eine Warmwasserheizung erhalten, die das Haus auf 15 bis 18° C. erwärmt. Diese Abtheilungen sind durch eine mit Brettern verkleidete Backsteinwand von einander getrennt, an welcher die Orchideen befestigt werden. Ein mittleres Beet im Orchideenhause ist auf 9 Centim. Tiefe mit Cement wasserdicht gemacht, damit die aus Eisen angefertigten Pflanzengerüste in das Wasser gestellt werden können, was das beste Mittel gegen die Vermehrung der Insekten ist, denen die Orchideen stets in so hohem Grade ausgesetzt sind. In sämmtlichen Abtheilungen der beiden Häuser ist ein Heizrohr, um das Gefrieren des ablaufenden Condensationswassers zu verhindern, zunächst an die Aussenwand auf den Sockel gelegt, dieses Rohr ist auch durch die Bassins geführt, wodurch das zum Begiessen benutzte Wasser auf 9 bis 10° C. erwärmt wird. In den Abtheilungen des Warmhauses sind längs der Binder Drähte für Schlingpflanzen gezogen und in den höheren Räumen befinden sich noch Blumengallerien an den verticalen Wänden, die auf Consolen ruhen.

Das kleine Kalthaus besteht ebenfalls aus 6 Abtheilungen von verschiedener Grösse, nämlich aus:

1. dem Zwiebelhaus,
2. dem kleinen Neuholländerhaus,
3. dem Frigidarium,
4. dem Coniferenhaus,
5. dem Anzuchthaus und
6. dem Erikenhaus.

Diese müssen sämmtlich auf durchschnittlich 4° C. geheizt werden, was durch 6 Heisswasserheizröhrenstränge von 689 Meter Länge bewirkt wird. Da in dem Kalthause die Ventilation eine sehr ergiebige sein muss, so sind in jedem Felde zwischen 2 Bindern an den beiden Langseiten des Hauses in der verticalen Wand und im Dache verstellbare Klappen angebracht. Ausserdem ist der Sockel in Abständen von ca. 3 Meter von Luftcanälen durchbrochen, wie dies Fig. 737 andeutet. Von innen sind diese Canäle mit Drahtgittern, von aussen mit Holzdeckeln verschlossen. Die einströmende kalte Luft erwärmt sich an den Heizröhren, welche nach Fig. 737 an den Einfassungsmauern übereinander liegen. Alle Beeteinfassungen sind gemauert und mit Cementplatten abgedeckt; für die kleineren Pflanzen sind noch hölzerne Gerüste aufgestellt.

Das zwischen dem kleinen Kalt- und Warmhause liegende **Aquarium**, Fig. 20, **Blatt 15**, ist zur Aufnahme der Wasserpflanzen bestimmt. Der Grundriss desselben ist ein gleichseitiges Achteck, dessen eingeschriebener Kreis 14,6 Meter Durchmesser hat. In der Mitte des Raumes ist ein Wasserbassin von 8,76 Meter Durchmesser angeordnet, auf dessen Einfassungsmauer 4 Säulen zum Tragen des Daches aufgestellt sind. Die Bedachung liegt möglichst nahe über den Pflanzen und wird aus 2 sich kreuzenden Walmen gebildet, mit einer Neigung von 15°. In den Kehlen liegen die aus Eisenblech bestehenden Hauptträger, welche zugleich als Ablaufrinnen dienen; die übrigen Sparren bestehen aus I-Eisen. Es ist nur eine einfache Verglasung ausgeführt, indem die Wasserpflanzen vorzugsweise im Frühjahr und Sommer gepflegt werden. Der Fussboden, 44 Centim. unter dem äussern Terrain liegend, ist mit hartgebrannten Ziegeln gepflastert und wurde der gemauerte Sockel 73 Centim. hoch über das Terrain aufgeführt; ebenso hoch liegt das Bassin über dem

Fussboden, es ist mit Cement gemauert und verputzt und fasst bei 88 Centim. Tiefe 53 Cubikmeter Wasser. Auf dem Boden des Bassins liegt eine Röhrenspirale der Heisswasserheizung, die das Wasser auf 25 bis 30° Celsius erwärmt. Die nöthige Temperatur der Luft von 15 bis 18° C. wird durch 8 Röhrenstränge hergestellt, die an der Umfassungsmauer befestigt sind und zusammen 175 Meter Länge haben. Der Heizraum liegt unter dem Vordache auf der Nordseite des Aquariums und ist mit Portlandcement ausgemauert, weil sein Fussbodenpflaster 29 Centim. unter dem mittlern Niveau des Grundwassers liegt.

Sämmtliche Eisentheile haben im Aeussern einen bronzegrünen Oelfarbenanstrich erhalten, während im Innern, der Helligkeit wegen, eine weisse, ein wenig ins Grüne spielende Farbe angewendet wurde.

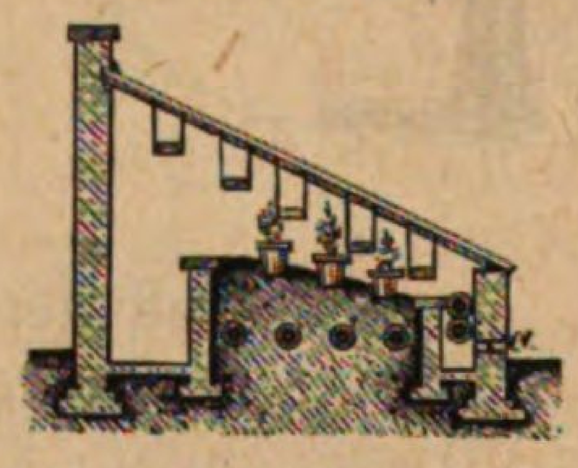
Da alles Brunnenwasser und zugeleitete Quellwasser in München grosse Mengen kohlensauren Kalk enthält, zum Begiessen der Pflanzen sich aber nur weiches Wasser eignet, so wird das auf den Dächern der grossen Gewächshäuser auffallende Regenwasser in einem 5,8 Meter langen, 4,4 Meter breiten und 2,34 Meter tiefen eisernen Reservoir im Souterrain gesammelt, durch eine Pumpe in das Palmenhaus gehoben und in Bleileitungen nach mehreren Stellen im Kalt- und Warmhause vertheilt.

Die Kosten der ganzen Anlage betrugen 445240 Mark.

Ob es im Allgemeinen empfehlenswerth ist, die tragende Construction bei Gewächshäusern nach aussen zu legen, wie dies bei den Häusern Fig. 737 und 738 geschehen ist, kann wohl nicht ohne Weiteres mit Ja beantwortet werden, denn in ästhetischer Beziehung wird diese Anordnung weder im Innern noch im Aeussern des Gebäudes befriedigend wirken; doch gewährt sie den Vortheil, dass zur Ableitung des Schwitzwassers im Innern des Hauses kein Rinnensystem aus Zinkblech erforderlich wird, um das für die Pflanzen schädliche Abtropfen des Schwitzwassers zu verhindern; dieser Vortheil dürfte jedoch nicht schwer in die Waage fallen.

Die Höhe und Neigung der Dächer richtet sich bei Treibhäusern darnach, ob die Pflanzen zu ihrer Entwicklung grosse Feuchtigkeit nöthig haben oder nicht. Im ersteren Falle wird das Glasdach möglichst dicht über den Gewächsen angebracht und wenig geneigt, damit die feuchte Luft immer mit den Pflanzen in Berührung bleibt. Ein derartig eingerichtetes Haus zeigt Fig. 739 im Querschnitte; das grosse mittlere Erdbeet erhält seine Bodenwärme durch 4 Warmwasserheizröhren, die mit Gerberlohe überdeckt sind, worin die Pflanzentöpfe eingebettet werden. Für solche Pflanzen, welche eine Erwärmung der Wurzeln nicht beanspruchen, sind unter dem Glasdache mehrere Gallerien zur Aufnahme der Pflanzentöpfe aufgehängt. Hinter dem Beete liegen die Heizröhren zur Erwärmung der Luft; diese bewirken zugleich eine kräftige Ventilation des Hauses, indem durch die Oeffnungen *a* die frische Luft einströmt, sich an den Heizröhren erwärmt und in diesem Zustande erst die Pflanzen berührt, während im höchsten Punkte des Glasdaches die verdorbene Luft nach Bedürfniss abgeführt wird, zu welchem Zwecke leicht stellbare Schiebefenster nach Fig. 19, **Blatt 15** angebracht werden.

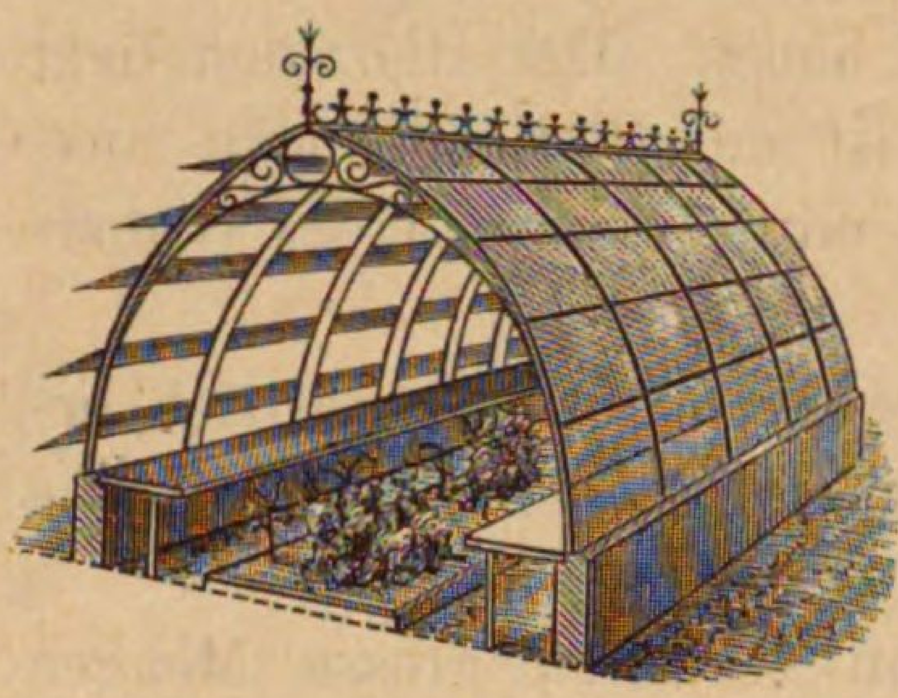
Fig. 739.



Für Weintreibhäuser ist die in Fig. 6, **Blatt 15** angegebene Form, mit der Fronte nach Süden gerichtet, am geeignetsten, wobei das Fundament der Vorderwand mittelst Bögen zu durchbrechen ist, damit die Weinstöcke, welche ihre Wurzeln gern weit ausdehnen, dieselben nach aussen treiben können. An der hinteren verticalen Wand wird gewöhnlich noch Spalierobst getrieben. Zuweilen werden die Dächer der Weintreibhäuser auch nach einem Viertelkreise gebogen, oder doch nach unten stark abgerundet, dann müssen die zur Eindeckung verwendeten Glastafeln ebenfalls gebogen sein, wodurch sie in der Anschaffung theurer werden, ausserdem sind bei etwaigen Reparaturen einzelne Tafeln schwer zu beschaffen, aus diesem Grunde können solche Dachformen nicht als zweckmässig bezeichnet werden.

Zur Obsttreiberei wendet Herr **G. H. Bruns** jun. in **Bremen**, der die Einrichtung von Treibhäusern als Specialität betreibt, die in Fig. 740 angedeutete Form an. In der Mitte befindet sich ein niedriges Erdbeet mit Wegen zu beiden Seiten, während an den Umfassungsmauern des Hauses breite Borte zur Aufstellung der Pflanzentöpfe angebracht sind; unterhalb dieser Borte werden die Heizröhren placirt. Die Fruchtbäumchen können neben den Borten eingepflanzt und unter dem Glasdache an Drähten im Bogen herum geführt werden, während man andere gerade aufwachsende Bäume in das mittlere Beet einpflanzen kann.

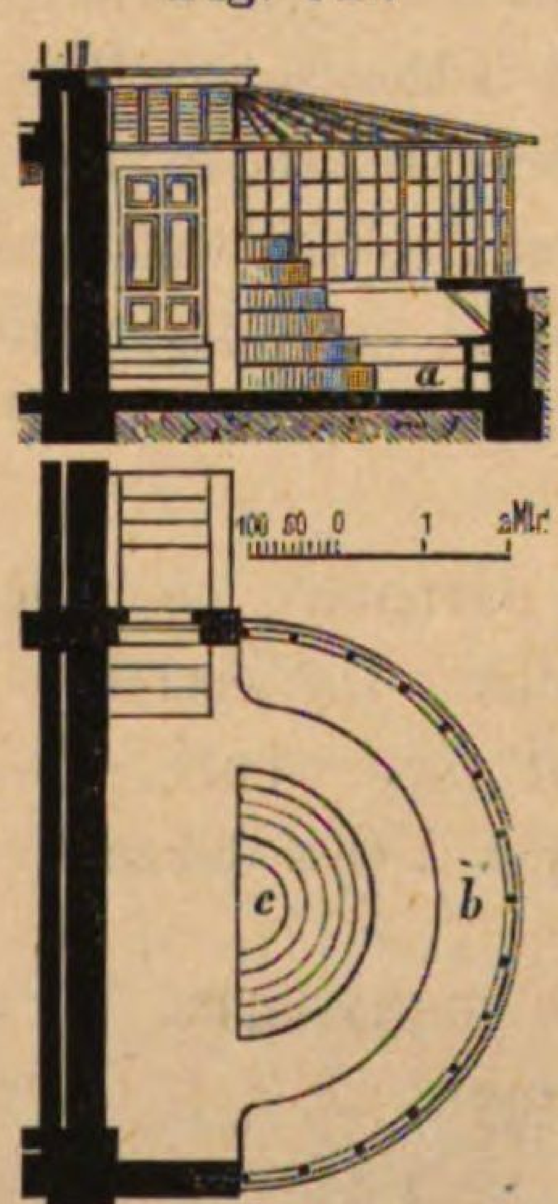
Fig. 740.



Die Binderform ist sehr gefällig und dabei leicht ausführbar, auch die Verglasung lässt sich in einfacher Weise ausführen, wenn man die einzelnen Felder nicht gebogen, sondern gerade herstellt, und die Fenster sich von oben nach unten überdecken lässt, das Regenwasser fällt dann cascadenartig von einem Fenster auf das andere. Für die Lüftung des Hauses genügt es meistens, wenn nur die obere und untere Fensterreihe sich theilweise öffnen lässt.

Das in Fig. 741 im Grundrisse und im Querschnitte dargestellte Blumenhaus wurde von den Herren Baumeistern **v. d. Hude und Hennicke** für eine Villa in Berlin ausgeführt und ist an der Südseite des Hauptgebäudes angebaut. Der vordere verglaste Theil des Blumenhauses ist im Grundrisse ein Halbkreis von etwa 3,1 Meter Radius durch verticale Stützen in 14 Felder eingetheilt. Fast zur Hälfte der Höhe ist das Haus unter Terrain gelegt, wodurch die Abkühlungsfläche wesentlich verringert wurde. *a* sind zwei übereinander liegende Heizcanäle, *b* ein ca. 75 Centim. breites Blumenbort, *c* ein im Halbkreise angeordnetes treppenförmiges Gerüst, worauf eine Menge Pflanzentöpfe untergebracht werden können. Dasselbe wird zweckmässig aus Ziegeln gemauert und mit Cement verputzt, damit es die beständige Feuchtigkeit vertragen und von Zeit zu Zeit abgespült werden kann. Zu dem Bort *b* verwendet man aus demselben Grunde zweckmässig Schiefer- oder andere Steinplatten.

Fig. 741.



Als freistehendes Blumenhaus ist das in Fig. 10 und 11 dargestellte Haus mit Satteldach sehr gut geeignet, dasselbe ist mit der Längenrichtung von Süd nach Nord zu stellen.

In Betreff der Situation der Gewächshäuser ist zu bemerken, dass dieselben so gestellt werden müssen, dass kein Haus das andere beschatten kann. Man stellt daher die niedrigen Treibkästen am meisten gegen Süden und die höchsten Häuser nach Norden, doch so, dass alle Pultdächer nach Süden zu geneigt sind, während die Satteldächer normal hierzu gerichtet werden, also mit der Längenrichtung von Norden nach Süden stehen.

Zur Dämpfung des grellen Sonnenlichtes wird es im Sommer für gewisse Gewächshäuser erforderlich, entweder die Glasdeckung mit blauer Farbe zu bestreichen, oder Rouleau aus dünnen Holzstäben anzuwenden. Für die letzteren werden am First des Daches kleine Rollen befestigt, worüber Schnüre nach unten laufen und das Rouleau umschlingen; im vollständig aufgewickelten Zustande befindet sich das Rouleau am First des Daches, wo das eine Ende befestigt ist; lässt man die Schnur von unten nach, so rollt das Rouleau durch das Eigengewicht herunter und breitet sich auf der Dachfläche aus. Solche Rouleau sind bequem zu handhaben und in der Anlage nicht theuer.

Doppelte Verglasung wird bei kleineren Gewächshäusern seltener angewendet, namentlich desshalb, weil sich zwischen den Glasflächen leicht Schmutz ablagert, der dann schwer zu entfernen ist. Zum Schutz gegen Kälte bedeckt man die einfachen Glasdächer mit Deckladen aus schwachen Brettern oder mit Strohmatten.

§. 111. Construction der Wintergärten.

Wintergärten oder Palmenhäuser werden als Luxusbauten für Wohnungen fürstlicher Herrschaften und reicher Privatleute, sowie auch als Lehrmittel für Universitäten und als Vergnügungslocale für das allgemeine Publicum in neuerer Zeit sehr oft ausgeführt. Meistens waren diese Bauten, wie z. B. das sonst luxuriös ausgestattete Palmenhaus des botanischen Gartens zu Berlin, nur Pflanzenmagazine, worin eine Fülle von Vegetation eng zusammengehäuft wurde; durch diese Zusammendrängung geht aber gerade die characteristische Schönheit der Pflanzenwelt für die Anschauung verloren. Bei Anlagen von Wintergärten ist daher auf das Arrangement der Pflanzen und die Hervorbringung eines Landschaftsbildes das Hauptgewicht zu legen, wie dies namentlich zuerst in dem Palmenhause des **Jardin d'acclimatation** zu Paris geschehen ist.

Um den Reichthum und den Zauber der fremden, namentlich der tropischen Vegetation dem grösseren Publicum vorzuführen und als ein Bildungs- und Genussmittel der Allgemeinheit in ähnlicher Weise, wie die Betrachtung der Thierwelt in den zoologischen Gärten und des Lebens in der Wassertiefe in den Aquarien, zugänglich zu machen, sind in neuerer Zeit selbstständige Anlagen geschaffen, wo die Pflanzenwelt ihre eigenthümlichsten Schönheiten in freier und eigenartiger Weise entfalten kann. Als die grössten dieser Anlagen sind zu nennen: die »Flora« zu **Cöln**, jene zu **Frankfurt a. M.** und zu **Charlottenburg** bei Berlin.

Das grosse Palmenhaus der von dem Architekten Herrn **Märtens** erbauten »Flora« bei Cöln dient zugleich als Restaurationssaal, eine Anordnung, die sich als nicht zweckmässig herausgestellt hat, denn eine so innige Berührung mit dem Publicum schadet der Pflanzenwelt und hindert ihre Entwickelung fast vollständig. Bei der »Flora« zu Frankfurt a. M., nach den Plänen des Architekten Herrn **Fritz Kaiser** errichtet, ist dieser Uebelstand durch die Anlage eines besonderen Festsaales glücklich vermieden. Festsaal und Palmenhaus sind als zwei gesonderte, nur durch Thüren und Durchsichten verbundene Bautheile, jeder mit den ihm zukommenden praktischen und technischen Rücksichten behandelt, durchgeführt worden. Nach diesem Vorbilde hat auch die im Jahre 1871 gegründete Actien-Gesellschaft »Flora« zu Charlottenburg bei Berlin ihr Etablissement ausführen lassen. Die ersten Skizzen zu diesem grossartigen Vergnügungslocal*) sind von dem Herrn Baumeister **J. Otzen** entworfen, die künstlerische Ausbildung und die Ausführung des Bauwerkes leitete jedoch Herr Baumeister **Hubert Stier.**

Als Bauterrain stand ein Flächenraum von etwa 580 Ar zur Verfügung und ist die östliche Ecke des Bauplatzes zur Herstellung der eigentlichen Baulichkeiten gewählt, diese zerfallen ihrem Character nach in die **Festlocalität** und das **Palmenhaus.** Die Längenrichtung des **Saalbaues** erstreckt sich von Nord nach Süd, gegen diesen legt sich das Palmenhaus in einer fast genau orientirten Längenrichtung von Ost nach West, in der Weise, wie es aus der Grundrissskizze **Blatt 16,** Fig. 12 ersichtlich ist. Das **Palmenhaus** hat einen Flächeninhalt von 2750 □ Meter und ist vorzugsweise zur Aufnahme der grösseren tropischen Gewächse bestimmt, die eine dauernde, gleichmässig hohe Temperatur erfordern. Um aber neben den tropischen auch für solche Pflanzen, denen die Palmenhaustemperatur nicht zusagt, angemessene Aufstellungsorte zu gewinnen, sind dem Palmenhause 2 Annexe in Form von glasbedeckten schmäleren Gängen hinzugefügt. In der letzten verbleibenden Ecke des Terrains sind eine Anzahl von Treibhäusern errichtet, in denen die für die Unterhaltung des ausgedehnten Etablissements erforderlichen Pflanzen gezogen werden können. Die Treibhäuser stehen unter sich und mit dem Palmenhause durch einen bedeckten Gang in Verbindung, sind aber im Uebrigen von dem Theil des Gartens, der

*) Nach Mittheilungen des Herrn **H. Stier** in der Deutschen Bauzeitung 1873. S. 121, 149, 165, 171, 259 und 269.

dem Publicum geöffnet ist, völlig abgeschlossen und mit ihrem ganzen Verkehr dem Auge entzogen.

Der grosse Saal, von 45,18 Meter Länge und 22,75 Meter Breite, mit einem Flächeninhalt von 1028 □ Meter, ist namentlich zu Concertaufführungen bestimmt, derselbe ist einer der grössten Säle Berlins, denn der Saal des dortigen **Concerthauses** hat nur 33,9 × 21,97 Meter = 743 □ Meter, der grosse Saal des **Kroll'schen** Etablissements nur 31,54 × 27,78 Meter = 876 □ Meter, der Saal auf der Brauerei **Tivoli** 78,77 × 15,69 Meter = 1236 □ Meter, doch besteht dieser letztere aus 2 getrennten Theilen. Zu dem Saale treten noch als nutzbarer Raum an 3 Seiten umlaufende Corridore von 2,8 Meter Breite hinzu, die namentlich für die Communication bestimmt und durch Bogenstellungen nach dem Saale hin geöffnet sind.

Eine unmittelbare Verbindung des Palmenhauses mit dem grossen Saale war aus dem vorher angegebenen Grunde nicht gestattet. Bedingung war aber doch, so weit thunlich, das im Saale sitzende Publicum an dem Anblick der Tropenvegetation Theil nehmen zu lassen. Diese Bedingung ist dadurch erfüllt, dass die Saalwand nach dem Palmenhause zu durch eine 7,5 Meter breite, 14 Meter hohe Mittelöffnung durchbrochen wird, die durch ein leichtes Eisengerippe getheilt und mit Spiegelscheiben geschlossen ist. Die Zugänge zu dem Palmenhause werden zu beiden Seiten der grossen Oeffnung durch je 3 Glasthüren vermittelt. Um von fast allen Punkten des Saales durch das grosse Mittelfenster das Palmenhaus ungehindert übersehen zu können, ist der Saalfussboden um 2,5 Meter höher gelegt, als der des Palmenhauses, von der so gebildeten Terrasse führen zu beiden Seiten der Mittelöffnung breite Treppenanlagen zum Palmenhause hinab. Beleuchtet wird der Saal durch das grosse Fenster vom Palmenhause her und durch die Durchsichten nach dem Garten. Da diese letzteren aber fast nur im untern Geschosse angeordnet sind, während die oberen Saalwände undurchbrochene Massen bilden, so wurde namentlich zur Beleuchtung der Saaldecke noch Oberlicht eingerichtet.

Zur Entfaltung eines reichen tropischen Pflanzen- und Landschaftsbildes musste das Palmenhaus als ausgedehnter freier Raum ohne Unterbrechung durch Stützen oder Anker überdeckt und in seinen Umfassungswänden so construirt werden, dass Licht und Sonne von allen Seiten möglichst ungehindert eintreten konnten, wesshalb eine Construction des Hauses aus Eisen und Glas als die einfachste und natürlichste erschien, die diesen Bedingungen entsprechen würde. Von vorne herein liess sich erkennen, dass die ästhetische Ausbildung der Eisenconstruction nicht durch eine reiche decorative Ausschmückung des constructiven Gerüstes zu erreichen sei, indem die Dimensionen des Baues und die daraus erwachsenden Kosten einen Versuch nach dieser Richtung hin gar nicht zuliessen; auch konnte eine derartige Decoration mit dem Pflanzenschmuck in keiner Weise concurriren; diesem gegenüber musste sie vielmehr ärmlich, ja störend erscheinen. Demnach musste sich die ästhetische Ausbildung nur auf eine einfache und übersichtliche Anordnung der Eisenconstruction selbst und auf eine günstige Gestaltung des durch dieselbe gebildeten Raumes beschränken, in erster Linie war hier also die Biegungscurve der Binder zu berücksichtigen.

Ein Querschnitt durch das Palmenhaus ist in Fig. 13, **Blatt 16** dargestellt, woraus ersichtlich, dass als freie Weite des Raumes zwischen den Stützpunkten 37,6 Meter angenommen sind, welches Maass sich durch den Umstand ergab, dass sich das Haus in seinem vorderen Theile zwischen die vortretenden Flügel des Saalgebäudes einfügt. Die Binderweite ist zu 5,64 Meter angenommen und nach der Grundrissskizze **Blatt 16**, Fig. 12 beträgt die Gesammtlänge der 9 Binderfelder 50,7 Meter. An der Ostseite schliesst sich hieran eine Halbkuppel, so dass die Gesammtlänge des Gebäudes 69,5 Meter beträgt.

Die untere Gurtung jeder Binderhälfte ist aus 2 Mittelpunkten mit Radien von ca. 12,3, resp. 25,7 Meter construirt, wie es Fig. 742 andeutet, welche Bogen nach dem Scheitel der Binder zu in gerade Linien übergehen. Der Winkel, unter dem die Binderhälften im Scheitel zusammenstossen, wurde so gewählt, dass Schnee und Regen von

diesem Dachtheile noch hinlänglichen Abfluss erhalten. Alle Längenverbindungen der Construction wurden oberhalb der Hauptbinder angeordnet, damit die Form der letzteren völlig frei und unbeeinträchtigt vortreten konnte. Zwischen je 2 Binder kommen 8 Sparren vor, die je 0,64 Meter von Mitte zu Mitte entfernt sind. Die doppelte Glaseindeckung ist derartig an die Längenverbindung angebracht, dass die äussere Glasschicht auf der obern Gurtung der Querträger ruht, während die innere Schicht an der untern Gurtung derselben aufgehängt ist. Diagonal-Verbindungen sind, der störenden Linien halber, durchweg vermieden, so dass der Innenraum sich im Wesentlichen wie ein grosses Tonnengewölbe darstellt, welches von den gleichmässig wiederkehrenden Hauptbindern getragen wird.

Die Mehrkosten, welche der Abschluss des Palmenhauses durch eine Halbkuppel, gegenüber einer geraden Abschlusswand, veranlasste, erschienen unwesentlich, im Vergleich zu dem Vortheil, der für die Raumgestaltung aus einer derartigen Form erwächst.

Zur Unterstützung der Binderauflager, deren Detail Fig. 14 und 15, **Blatt 16** zeigt, sind massive Pfeiler von 2,5 Meter Höhe aufgeführt, zwischen denen eine massive Mauer von gleicher Höhe das ganze Haus umgiebt. Durch diese Wand erhielt das Haus in seinem untern Theil eine bestimmte ruhige Umgrenzung, die besonders als fester Hintergrund für die Pflanzendecoration wünschenswerth war. Durch den ganzen Innenraum, auf $^1/_3$ der Höhe, läuft eine vorgekragte Gallerie g, Fig. 13, **Blatt 16,** die durch Hängestangen unterstützt wird, während aussen an jeder Dachseite 2 Laufgänge f angebracht sind. Zur Ventilation des Hauses, die eine sehr ausgiebige sein muss, dient der im First des Daches aufgesetzte Ventilator.

Für die doppelte Glasdeckung incl. Sprossen etc. ist eine **Eigenlast** von 32 Kilogr. pro □ Meter in Rechnung gestellt, wonach vom Auflager an gerechnet auf die Knotenpunkte g, f, e, d, c, b, Fig. 742, folgende Verticallasten kommen:

520, 960, 880, 840, 760, 850 Kilogramm.

Als Unterlage für die Gewichtsannahmen der Querträger und Hauptbinder dienten den Constructeuren, Herren Ing. **W. und O. Greiner** in Berlin, die Ablieferungsnotizen vom Dache des Lehrter Bahnhofes (vergl. Fig. 11, **Blatt 10** und S. 248), welches nur wenig geringere Dimensionen besitzt. Der Spannweite der Dächer angemessen wurden die Gewichte vergrössert und sind incl. Verglasung für die Knotenpunkte g, f, e, d, c, b und a, Fig. 742, folgende Lasten festgestellt:

880, 1440, 1350, 1310, 1250, 1130, 1370 Kilogramm.

Aus diesen Lasten, und zwar mit Vertheilung der Eigenlast der Binder auf je 6 in einem Felde des Binders enthaltenen Knotenpunkte, wurde ein Diagramm in sorgfältigster Ausführung gezeichnet, und ergab dieses (vergl. Fig. 742):

$$-P = -P' = 5440 \text{ Kilogramm, und:}$$
$$Q = Q' = 3290 \text{ Kilogramm.}$$

Zur Berechnung des **Winddruckes** ist für die Richtung des Windes ein Winkel von 10 Grad 15 Min. gegen den Horizont angenommen (vergl. S. 155) und ist der Druck des Windes auf eine zu seiner Richtung normale Ebene mit 90 Kilogr. pro □ Meter in Rechnung gestellt worden, was einer Windgeschwindigkeit von ca. 28 Meter pro Sec. entspricht. Der Wind wirkt zwar nicht gleichmässig auf die ganze Dachfläche, deren Form ein Abgleiten des Windes sehr begünstigt, doch ist diese übliche Annahme auch hier beibehalten worden, weil durch das wahrscheinliche Zuviel derselben etwaige Differenzen in den Eigengewichtsannahmen oder in der Widerstandsfähigkeit des Materials ausgeglichen werden.

Für die einzelnen Dachfelder A, B, C, D, E, F, G, Fig. 742, zwischen je 2 Fetten, berechnet sich demnach der Winddruck wie folgt:

$A = 5{,}68 \times 5{,}65 \times 90 = 2888$ Kilogr.	$E = 1{,}91 \times 5{,}65 \times 90 = 972$ Kilogr.
$B = 4{,}45 \times 5{,}65 \times 90 = 2262$ »	$F = 1{,}62 \times 5{,}65 \times 90 = 824$ »
$C = 3{,}61 \times 5{,}65 \times 90 = 1836$ »	$G = 2{,}06 \times 5{,}65 \times 90 = 1048$ »
$D = 2{,}75 \times 5{,}65 \times 90 = 1398$ »	

wobei immer die erste Zahl die Höhe oder die Projection auf eine zur Windrichtung normale Ebene verstanden ist. Die Knotenpunkte g, f, e etc. bis incl. Scheitel des Ventilators erhalten hiernach folgende Belastungen:

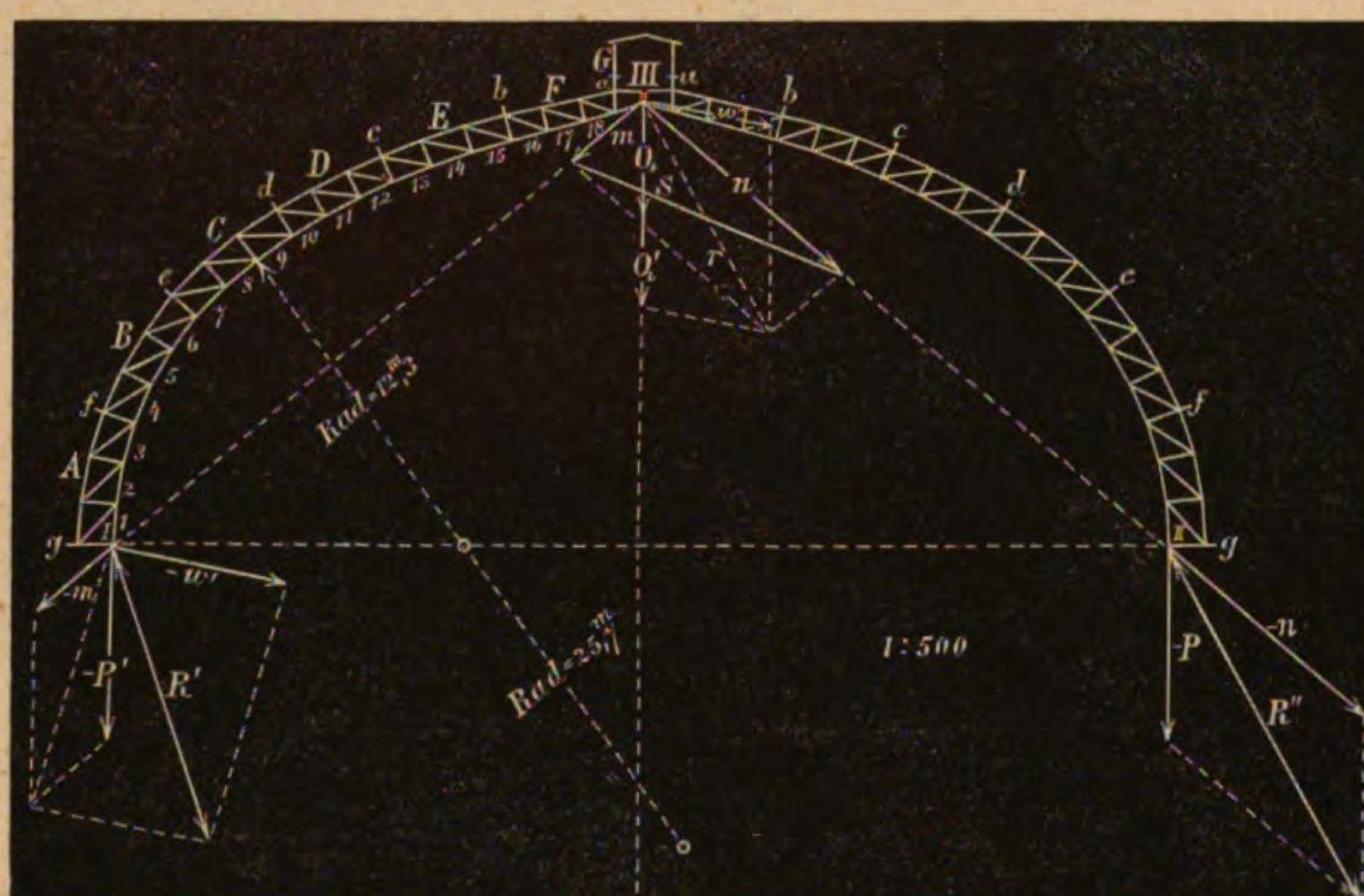
$$g = \frac{2888}{2} = rot.\ 1450 \text{ Kilogr.} \qquad c = \frac{1398 + 972}{2} = rot.\ 1190 \text{ Kilogr.}$$

$$f = \frac{2888 + 2262}{2} = rot.\ 2580 \text{ Kilogr.} \qquad b = \frac{972 + 824}{2} = rot.\ 900 \text{ »}$$

$$e = \frac{2262 + 1836}{2} = rot.\ 2050 \text{ »} \qquad a = \frac{824 + 1048}{2} = rot.\ 940 \text{ »}$$

$$d = \frac{1836 + 1398}{2} = rot.\ 1620 \text{ »} \qquad \text{Scheitel} = \frac{1048}{2} = rot.\ 530 \text{ »}$$

Fig. 742.



Aus ihnen ist auf ihren Breiten ein Diagramm construirt, welches in I, Fig. 742, eine Reaction $-w' =$ 5110 Kilogr., in III eine Kraft $w =$ 6150 Kilogr. resultiren lässt.

Unter diesen Annahmen wurden die Scheitelkräfte w, Q und Q' in III, Fig. 742 zu r zusammengesetzt und in die Richtungen III I und III II, das ist in m und n, zerlegt; sie finden bei I und II ihre Reactionen $-m$ und $-n$. Je nach Wegnahme der einen oder andern Binderhälfte, für welche die Kraft m, resp. n zu substituiren ist, entsteht als Scheitelkraft $+S$ oder $-S$, die der weiteren Berechnung zu Grunde gelegt ist. Setzt man die oben genannten Kräfte $-w'$, $-P'$ und $-m$ in I Fig. 742, sowie $-P$ und $-n$ in II zusammen, so ergeben sich R' und R'' als Pfeilerreactionen in I und II; nach ihnen ist, wie in Fig. 13, **Blatt 16** angedeutet, die Mauerung der Pfeiler hergestellt, so dass die **innere** Mauerschicht in der Richtung R', die **äussere** in der Richtung R'' ausgeführt wurde, während zwischen ihnen und ausserhalb derselben die Fugen horizontal gerichtet sind.

Die grösste Beanspruchung des Schmiedeeisens ist zu 844 Kilogr. pro □ Centim. angenommen. Die **äussere** Gurtung der Binder besteht in den Feldern (Fig. 742):

1 und 16 bis 18 aus 4 Winkeleisen à 59 × 59 × 6,5 Millim.
2 und 3 aus 2 Winkeleisen à 59 × 59 × 6,5 und 2 Winkeleisen à 72 × 72 × 10 Millim.
4 bis 9 aus 4 Winkeleisen à 72 × 72 × 10 Millim.
10 und 11 aus 2 Winkeleisen à 72 × 72 × 10 und 2 Winkeleisen à 65 × 65 × 8,5 Millim.
12 und 13 aus 4 Winkeleisen à 65 × 65 × 8,5 Millim.
14 und 15 aus 2 Winkeleisen à 65 × 65 × 8,5 und 2 Winkeleisen à 59 × 59 × 6,5 Millim.

Die **innere** Gurtung besteht in den Feldern:

1 und 2, sowie 13 und 14 aus 4 Winkeleisen à 65 × 65 × 8,5 Millim.
3 und 4, sowie 11 und 12 aus 2 Winkeleisen à 65 × 65 × 8,5 und 2 Winkeleisen à 72 × 72 × 10 Millim.
5 und 10 aus 4 Winkeleisen à 72 × 72 × 10 Millim.
15 und 16 aus 2 Winkeleisen à 65 × 65 × 8,5 und 2 Winkeleisen à 59 × 59 × 6,5 Millim.
17 und 18 aus 4 Winkeleisen à 59 × 59 × 6,5 Millimeter.

Die **Radialen** sind hergestellt in den Feldern:

1 aus 2 Winkeleisen à 59 × 59 × 6,5 Millim.
2 bis 10 aus 2 Winkeleisen à 46 × 46 × 5 Millim.
11 bis 19 aus 2 Winkeleisen à 39 × 39 × 5 Millim.

Die **Diagonalen** bestehen in den Feldern:
1 und 2 aus 2 Winkeleisen à 72 × 72 × 10 Millim.
3 aus 2 Winkeleisen à 65 × 65 × 8,5 Millim.
4 bis 6 und 16 bis 18 aus 2 Winkeleisen à 59 × 59 × 6,5 Millim.
7 bis 12 aus 2 Winkeleisen à 46 × 46 × 5 Millim.
13 bis 15 aus 2 Winkeleisen à 52 × 52 × 6,5 Millim.

Zur Befestigung der Diagonalen und Radialen an den Bindergurtungen sind Bleche von 10 Millim. Stärke verwendet; die Bleche im Scheitel der Binder haben nur 5 Millim. Stärke, die Nieten und Schraubenbolzen haben 16 Millim. Durchmesser. Die Binder sind in derselben Weise gekuppelt, wie der in Fig. 1, **Blatt 10** dargestellte, doch beträgt der Abstand der beiden Gurtungstheile hier nur 71 Centim., von Mitte zu Mitte gemessen.

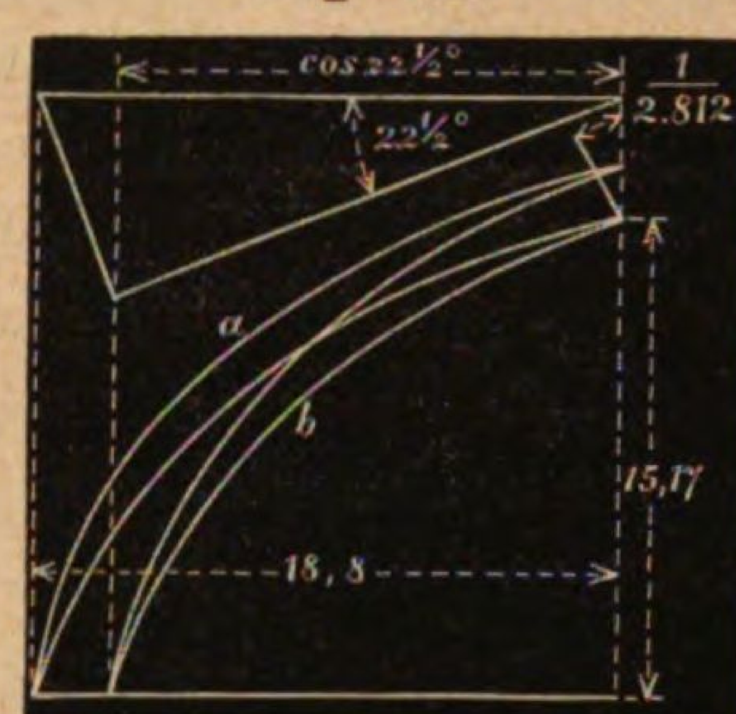
Die Halbkuppel besteht ausser dem Normalbinder noch aus 7 halben Bindern, welche durch Gitterträger mit dem Normalbinder in feste Verbindung gebracht sind. Da nun der Normalbinder allein charnierartig verbunden ist, so muss bei vorkommenden Ausdehnungen eine Verdrehung der Gitterträger stattfinden, diese ist jedoch wegen der geringen Grösse des Drehungswinkels völlig unschädlich, denn würde nach der Temperatur bei der Aufstellung der Binder eine Temperaturdifferenz von 50^0 eintreten, so beträgt die Längendifferenz (vergl. S. 103) je $^1/_2 \cdot {}^1/_{128}$. Der Sinus des Steigungswinkels des Binders *a*, Fig. 743 ist:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{812} \cdot \frac{18,8}{15,77} = 0,00073 = sin\ 2,51^{\text{Min.}},$$

und für den Binder *b*:

$$\frac{0,00073}{cos\ 22^1/_2{}^0} = \frac{0,00073}{0,924} = 0,00079 = sin\ 2,71^{\text{Min.}}.$$

Fig. 743.



Die Differenz beider Steigungswinkel $2,71^{\text{Min.}} - 2,51^{\text{Min.}} = 0,2^{\text{Min.}} = 12^{\text{Sec.}}$ ergiebt den Umdrehungswinkel der obigen Gitterträger von Binder zu Binder. Aus dem sehr kleinen Werthe des Steigungswinkels ersieht man auch die Zulässigkeit fester Verbindungen anstatt der Drehpunkte bei derartigen Constructionen, da die hierdurch verursachte veränderte Beanspruchung einzelner Constructionstheile jedenfalls nicht erheblicher ist als diejenige, welche durch den Unterschied zwischen der praktischen Ausführung und den Annahmen bei der Rechnung hervorgerufen wird. Ausgeführt ist diese Eisenconstruction von der Actien-Gesellschaft **Vulkan** in Berlin.

Bei der Aufstellung wurde jede Binderhälfte, in 2 fertigen Theilen von der Fabrik geliefert, auf dem Bauplatze verbunden und dann mittelst Flaschenzug von einem Fahrgerüste aus aufgekantet, so dass der Bogen mit seinen beiden Enden auf dem Erdboden aufstand. Nun wurde zunächst das untere Ende auf den Mauerpfeiler und in das Charnierlager gehoben, hierauf der obere Theil am Fahrgerüst in die erforderliche Höhe geschafft und am Gerüst festgelegt, bis auch die andere Binderhälfte in gleicher Weise aufgebracht war und beide alsdann durch die Bänder des Scheitelcharniers definitiv verbunden werden konnten. Zur Aufbringung der Querträger etc. sind kleine fliegende Gerüste verwendet, die man nach Bedürfniss von Binder zu Binder anbrachte.

Wegen der zu grossen Wärmeleitungsfähigkeit einer einfachen Glasdecke und zur Vermeidung des Durchregnens erschien eine doppelte Verglasung nothwendig, es ist daher eine solche ausgeführt und sind beide Glasflächen durch einen Zwischenraum von 40 Centim. getrennt; derselbe wurde durch die Höhe der Fetten bedingt. Die Breite der verwendeten Glastafeln beträgt 62 Centim., ihre Länge musste sich nach der Entfernung der Knicke in dem gebogenen Theile des Binders richten, dieselbe variirt daher zwischen 50 und 78 Centimeter. Auf jedem Knick des Binders ist ein horizontales Winkeleisen angebracht und wird die gerade Fläche von einem Winkeleisen zum andern durch 2 Tafeln gedeckt, von denen die untere mittelst zweier aus Messingstreifen gebogener Haken (vergl. S. 293)

an dem Winkeleisen hängt, während die zweite obere Glastafel mit gleichen Haken auf der unteren ruht. Die Tafeln der äussern Glasfläche werden durch Zinkkappen, welche auf dem Steg der Sprosseneisen befestigt sind, gegen Abheben durch Sturm geschützt. Diese überdecken die Tafeln um etwa 4 Centimeter.

Zur Abführung des Schwitzwassers und des etwa durchdringenden Regens ist unter der inneren Glasfläche ein zusammenhängendes System von Abflussrinnen angebracht (vergl. S. 291), in der Weise, dass jede Tafel an ihrer unteren Kante mit einem Rinnchen, aus Zinkblech gebogen, versehen wurde, welches zwischen die Tafeln eingedeckt ist und Gefälle nach beiden Seiten erhalten hat. Diese münden in die unter jedem Sprosseneisen angebrachten Längsrinnen, welche das Wasser nach einer am untern Ende des Daches befindlichen Hauptrinne leiten. Besonders gefärbtes Glas, wie an einigen andern Orten geschehen, ist nicht angewendet, doch ist das Dach zur Milderung des Sonnenlichtes und zum Schutze gegen Hagelschlag mit Matten aus dünnen Stäbchen von hartem Buchenholz belegt worden.

An den beiden Langseiten des Palmenhauses sind, nach dem Grundrisse Fig. 12, **Blatt 16**, 2 Blumenhäuser *B* angelegt in Form von Gängen von 5,64 Meter Breite und 4,4 Meter Höhe, welche 2 Höfe umgeben. Diese sollen besonders blühende Pflanzen, wie Kamelien und Azaleen aufnehmen, die in der höheren Temperatur des Palmenhauses zu schnell ihren Reiz verlieren würden. Die Gänge bestehen aus einer unteren massiven Mauer von 1,25 Meter Höhe und einem Glasdache, dessen Eisenconstruction dem Palmenhausdache nachgebildet ist, jedoch nur mit einfacher Glasdeckung.

Ein grösseres Kalthaus zur Aufstellung von Lorbeerbäumen ist noch nachträglich am Kopfende des Palmenhauses in Form eines oblongen glasüberdeckten Saales errichtet, derselbe steht durch grosse Bogenöffnungen mit dem Palmenhause in Verbindung und liegt sein Fussboden um 1,5 Meter höher, damit man auch von hier aus eine Uebersicht über das Landschaftsbild des Palmenhauses hat.

Zur **Heizung** des Palmenhauses und der Blumenhäuser ist eine Warmwasserheizung gewählt worden. Die gärtnerischen Autoritäten Herr Hofgarten-Director **Jühlke** und Herr **J. Booth** erklärten, dass eine Temperatur von ca. 20° C., die gewöhnlich in den Palmenhäusern herrscht, keineswegs erforderlich sei. Nur einzelne Tropenpflanzen beanspruchen dieselbe, für die meisten genügt schon eine gleichmässige Wärme von etwa 8° und lassen sich die Pflanzen sehr wohl an diese niedrigere Temperatur gewöhnen; sie werden dabei vor dem Ueberwuchern bewahrt, und namentlich nimmt das Ungeziefer nicht in solchem Maasse überhand, auch wird der Aufenthalt im Raume für Menschen erträglicher.

Für die Ausführung der Heizung ist schliesslich als Bedingung eine mittlere Temperatur von +17° festgestellt, unter Annahme von —20° im Aeussern, die Heizung sollte also für eine Temperaturdifferenz von etwa 40° genügen. Als Vorbild nahm man die Heizeinrichtung des grossen Palmenhauses zu **Kew-Garden** bei London, die von dem Fabrikanten **Ormssen**, der auf besondere Heizkessel ein Patent besitzt, ausgeführt wurde. Die Heizkammer ist im Palmenhause unterhalb der grossen Terrasse vor der Saalfront angelegt. Es sind 5 Kofferkessel von **Ormssen** (vergl. den Abschnitt über Heizung) aufgestellt, wovon 3 für das Palmenhaus, 1 für die anschliessenden Blumenhäuser und 1 zur Reserve bestimmt ist; jeder Kessel hat eine Länge von 1,25 Meter, eine Höhe von 1,3 und eine Breite von 0,95 Meter. Die von den Kesseln ausgehenden Röhren sind in 2 Systemen angeordnet; das eine liegt in einem Canal *h*, Fig. 13, **Blatt 16**, der an der Umfassungsmauer das ganze Haus umgiebt und durch die Pfeiler hindurchgeführt ist; es besteht aus 10 Stück Röhren von 7,8 Centim. Durchmesser, die von der Nordseite des Hauses ausgehend, an der Südseite wieder zum Kessel zurückführen. Der Canal für das 2. System ist in der Mitte des Hauses angebracht, hierin liegen ebenfalls 10 Röhren, die aber in demselben Canal wieder zurückgeführt sind. Zur Abdeckung der Canäle wurden durchbrochene Eisenplatten verwendet, die jedoch möglichst von der Pflanzendecoration maskirt sind.

Ein 3. Heizröhrensystem wurde noch auf der inneren Gallerie *g*, Fig. 13, **Blatt 16** angebracht, da bei der grossen Höhe des Hauses und der enormen Abkühlungsfläche des Glasgewölbes die Wärmeausströmung am Fussboden für die oberen Theile des Hauses nicht genügend erschien. Für dieses System, welches etwa 8 Meter über der Heizkammer liegt, konnten die **Ormssen**'schen Kessel nicht angewendet werden, indem sie durch ihre Form nicht im Stande sind, einen höheren Druck auszuhalten; für diesen Zweck ist ein **Hentschel**-Kessel aufgestellt.

Der cubische Inhalt des Palmenhauses beträgt 19158 Cubikmeter, die Abkühlungsfläche an Glas 4038 □Meter, an Mauerwerk 420 □Meter, an Fussboden 2782 □Meter; dagegen sind an Heizröhren vorhanden 10 × 305 Meter = 3050 lfd. Meter im Fussboden, 6 × 160 Meter = 960 lfd. Meter auf der Gallerie, oder zusammen 4010 lfd. Meter Röhren von 7,8 Centim. Durchmesser. Der Inhalt des einen Blumenhauses beträgt 695 Cubikmeter, die Abkühlungsfläche an Glas 413 □Meter, an Mauerwerk 102 □Meter und an Fussbodenfläche 218 □Meter, während an 7,8 Centim. weiten Heizrohren 5 × 49 = 245 lfd. Meter vorhanden sind.

Um die Schneemassen, welche sich etwa auf dem obern Theil des Daches ansammeln können, rasch aufzuthauen, wurde ein Apparat in Aussicht genommen, der mittelst Ventilator heisse Luft in den Raum zwischen den beiden Glasdecken des Palmenhauses treiben sollte. Im Sommer sollte der nämliche Apparat zur Einführung frischer Luft in das Palmenhaus verwendet werden; ob dieser Apparat zur Ausführung gekommen, ist dem Verfasser nicht bekannt.

Ein kleinerer Wintergarten, durch 2 Säulenreihen in 3 Schiffe eingetheilt, ist in Fig. 21, **Blatt 15** skizzirt. Obgleich ein ganz freier Raum für Wintergärten der Pflanzengruppirung wegen, immer vorzuziehen sein dürfte, so ist die 3schiffige Anordnung doch auch nicht unzweckmässig zu nennen, da sie keine üble perspectivische Wirkung macht und für die Aufstellung der Pflanzen nicht ungünstig ist, indem die hohen baumartigen Gewächse im Mittelschiff und die niedrigeren in den Seitenschiffen gruppirt werden können.

Die Dächer sind natürlich mit Glas einzudecken, damit dem innern Raum möglichst viel Licht zugeführt wird, und sind hierbei die Glassprossen so stark zu machen, dass sie nicht zu viele Querstützungen nöthig haben. Im Uebrigen ist für die Construction der Wintergärten die architektonische Ausbildung derselben maassgebend, wobei man in der Regel die stärkeren gedrückten Theile aus Gusseisen, die auf Biegung beanspruchten und die schwächeren Theile aber aus Walzeisen construirt. Gebogene Dachformen, die zur Eindeckung auch gebogene Glastafeln erfordern, stellen sich in der Regel wesentlich theurer als gerade und werden daher seltener angewendet. Zu decorativen Constructionstheilen eignet sich am besten das Zinkblech, dem in einfachster Weise jede beliebige Form gegeben werden kann, sowie durch Silicatanstrich auch jede beliebige Farbe. Zur Herstellung von Kuppelbauten für Wintergärten ist die **Schwedler**'sche Kuppelconstruction sehr zu empfehlen.

Wintergärten, die in herrschaftlichen Palästen angelegt werden, sind meistens grosse rechteckige Räume, welche durch reichliches Seitenlicht und gewöhnlich auch noch durch Oberlicht beleuchtet werden; der Querschnitt eines solchen ist in Fig. 2, **Blatt 16** dargestellt. Derselbe wurde von dem Herrn Geh. Baurath **F. Hitzig** für das Palais des Herrn **von Kronenberg** zu Warschau (vergl. S. 340) entworfen. Der Raum liegt im 1. Stock an dem prachtvollen Haupttreppenhause, ist 15,7 Meter lang und 8,2 Meter breit; der Fussboden desselben ruht auf Gewölben zwischen eisernen Trägern. Die Pflanzen sind nicht in eisernen Kübeln aufgestellt, sondern stehen in aufgefülltem Boden; der Rasen sowohl wie die Pflanzen gedeihen gut.

Zur Erwärmung des Raumes ist eine **Heisswasserheizung** eingerichtet und wird das heisse Wasser durch einen Canal geleitet, der ringsherum um das mittlere Beet führt und durch einen zweiten Canal an den Umfassungswänden. In jedem Canal liegen 10 Röhrenstränge, oben sind die Canäle mit durchbrochenen Gittern abgedeckt.

Im Palais des Herrn Erzherzog **Ludwig Victor** zu Wien hat Herr Oberbaurath **v. Ferstel** einen Wintergarten eingerichtet, der ca. 18 Meter lang und 8 Meter breit ist, er wird vom Hofraum aus in der ganzen Länge beleuchtet, indem die Fensterwand nur von 3 Säulen unterbrochen ist.

Einen prachtvollen Wintergarten hat sich der bekannte englische Gussstahlfabrikant **Bessemer** erbauen lassen; dieser besteht aus einer grösseren Anzahl rechteckiger und quadratischer Räume, die je durch 3 grosse gleichweite halbkreisförmige Bogenöffnungen miteinander in Verbindung stehen. In der Mitte der quadratischen Räume liegt ein rundes Beet, um welches die Wege so geführt sind, dass sie immer durch die mittleren Bogenöffnungen gehen und deren ganze Breite in Anspruch nehmen, alle übrigen Theile des Grundrisses dienen zu Beetanlagen, die durch Marmorbrüstungen eingefasst sind, während die Wege zwischen den Brüstungen einen reichen Mosaikfussboden zeigen. Die auf schlanken Säulen mit korinthischen Capitälen ruhenden reich decorirten Bogen bestehen aus Gusseisen, ebenso die zwischen den Bogen aufgeführten durchbrochenen Wände. Alle quadratischen Räume sind höher aufgeführt als die übrigen, damit noch oberhalb der Bogenstellungen Fensterreihen angebracht werden konnten; über jeder Bogenöffnung befinden sich 2 grosse quadratische Fenster. Diese Räume sind mit runden Kuppeln eingedeckt, wogegen die übrigen Räume durch 2 Balken in kleinere Felder eingetheilt und durch walmdachartige Glaseindeckungen geschlossen sind. Trotz der prächtigen Architektur zeigen diese Räume doch, dass ein ganz freier Raum ohne Säulenstellungen für einen Wintergarten vortheilhafter wirkt, da nur hier die Hervorbringung eines Landschaftsbildes durch das Arrangement der Pflanzen möglich ist.

§. 112. Eiserne Thürvorbauten und Veranden.

Thürvorbauten, Blumenhallen oder Veranden lassen sich aus Eisen in zierlichen gefälligen Formen ausführen. Zu den Bedachungen derselben wird meistens Walzeisen in einfach rechteckigen Formen angewendet und wird dieses durch schwache Winkeleisen und kalte versenkte Nietung miteinander verbunden. Zur Eindeckung dieser Vorbauten eignet sich das Zinkblech sehr gut, weniger empfehlenswerth sind Glaseindeckungen, indem sich Staub und Schmutz darauf ablagert, wodurch die Glasdecke von unten einen widerwärtigen Anblick bietet.

Der in Fig. 3, **Blatt 14** dargestellte Thürvorbau ist von **Schinkel** für das **Voss'sche** Palais zu Berlin entworfen, das Detail des Candelabers und der Lambrequins zeigt Fig. 11, **Blatt 1.**

Die zierliche Veranda, Fig. 4 und 5, **Blatt 14,** haben die Architekten Herren **v. d. Hude und Hennicke** für eine Villa zu Berlin ausgeführt. Zur Vermeidung von Durchzug sind 2 Seiten der Veranda durch Verglasung geschlossen, während die 3. Seite offen geblieben ist. Die auf den schlanken gusseisernen Säulen ruhenden Bogen können, jeder für sich oder auch jeder in 2 Hälften, ebenfalls aus Gusseisen hergestellt und mit einander durch angegossene Lappen verschraubt oder vernietet werden. Man kann die Bogen auch aus gewalztem **T**-, **⊏**- oder **+**-Eisen biegen und die Füllungen aus Blech aufnieten und durch aufgenietete Leisten aus Flacheisen verzieren. Die Sima wird am einfachsten aus Zinkblech gebogen und durch aufgelöthetes Ornament verziert. Das vordere Brüstungsgeländer ist aus schwachem Flacheisen gebogen und sind die einzelnen Theile zusammengenietet.

Eine andere sehr hübsche Veranda, von den Architekten Herren **Gropius** und **Schmieden** für ein Wohnhaus zu **St. Louis***) in Nordamerika entworfen, zeigt Fig. 6 und 7, **Blatt 14.** Der Unterbau besteht aus Ziegeln und schliessen sich zu beiden Seiten der Veranda die in Fig. 6 angedeuteten breiten Laubengänge an. Die gusseisernen Säulen tragen einen

*) Veröffentlicht ist das Gebäude in dem Architektonischen Skizzenbuch, Heft 86, Blatt 5. Verlag von Ernst und Korn in Berlin.

leichten Architrav, der aus schwachen **I**-Trägern gebildet und mit Zinkblech verkleidet, oder auch ausgemauert und mit Cement verputzt sein kann. Das Rahmwerk der Fenster ist aus leichten Walzeisensprossen hergestellt und sind hierin die rechteckigen Glastafeln mittelst Fensterkitt befestigt. Die zur Decoration dienenden Kreuze vor den Glastafeln bestehen aus 2 bis 3 Millim. starkem, etwa 10 Millim. breitem Flacheisen, welches am Kreuzpunkte zur Hälfte überschnitten und an dem Sprosseneisen angenietet ist.

§. 113. Pissoirs an öffentlichen Plätzen grosser Städte.

Zur Reinhaltung grosser Städte ist es durchaus erforderlich, in belebten Strassen und an öffentlichen Plätzen durch Aufstellung von Pissoirs für die Nothdurft des Publicums in ausreichender Weise zu sorgen. Man hat zu diesem Zwecke sehr verschiedenartige Einrichtungen construirt, von denen die einfachsten sich in der Regel am besten bewährt haben. Vor allen Dingen müssen die Pissoirs eine freie und luftige Lage haben, damit die übelriechenden Gase schnell abgeführt werden, ferner müssen sie so angelegt sein, dass sie von den Vorübergehenden leicht aufzufinden sind und dass ihr Zweck an ihrer äussern Einrichtung sofort erkannt wird. Aus dem letzteren Grunde ist es namentlich nicht empfehlenswerth, die Pissoirs durch Thüren zu verschliessen, wie dies vielfach in Paris geschehen ist, denn dadurch werden diese Orte von Fremden leicht übersehen. Holzconstructionen sind für Pissoirs gänzlich zu vermeiden, weil das Holz schwer rein zu halten und zu leicht der Fäulniss unterworfen ist. Am besten geeignet ist das Eisen, namentlich im verzinkten und emaillirten Zustande, indem es dann dem Rosten weniger ausgesetzt ist und leicht gesäubert werden kann; dieses Material leistet der muthwilligen Beschädigungslust gegenüber den meisten Widerstand.

Gut bewährt haben sich die in **Wien** an der Ringstrasse und an anderen Plätzen aufgestellten kleinen eisernen Pavillons mit je 4 oder 6 Ständen. Die Seitenansicht derselben zeigt Fig. 744, den Grundriss Fig. 745 in $^1/_{100}$ der wirkl. Grösse. Auf ein etwa 10 Centim. über dem Boden erhöhtes Fundament, dessen Fussboden mit einer Asphaltschicht überzogen ist, sind 8 gusseiserne Säulen so aufgestellt, dass sie ein regelmässiges 8-Eck bilden und ist der hierdurch gebildete Raum mit einem leichten Zeltdache aus Eisenblech überdeckt, an sechs Seiten aber durch Blechwände geschlossen, so dass die beiden übrigen offenen Seiten als Ein- und Ausgänge dienen. Diese letzteren werden durch Vorsetzwände verdeckt, wodurch das Innere des Pavillons dem Anblicke der Vorübergehenden entzogen ist. Die gusseisernen Säulen haben einen 8-eckigen Querschnitt von 6 Centim. Durchmesser, sie sind in 2 Hälften gegossen, welche durch Schrauben zusammengehalten werden und die verticalen 2 Millim. starken Blechwände zwischen sich aufnehmen. Diese Blechwände reichen nicht ganz bis auf den Boden, sondern es sind oberhalb des Fussbodens rings um den Pavillon freie Oeffnungen vorhanden, durch welche reichlich frische Luft in das Innere des Pavillons gelangen kann, die dann unterhalb des Daches durch den gitterartigen Fries abströmt und auf diese Weise den Pavillon kräftig ventilirt. Das Gitterwerk des Frieses besteht aus Flacheisen mit zwischengenieteten Blechrosetten, und sind die Blechwände oben und unten durch aufgenietete Flacheisen wesentlich versteift.

Fig. 744.

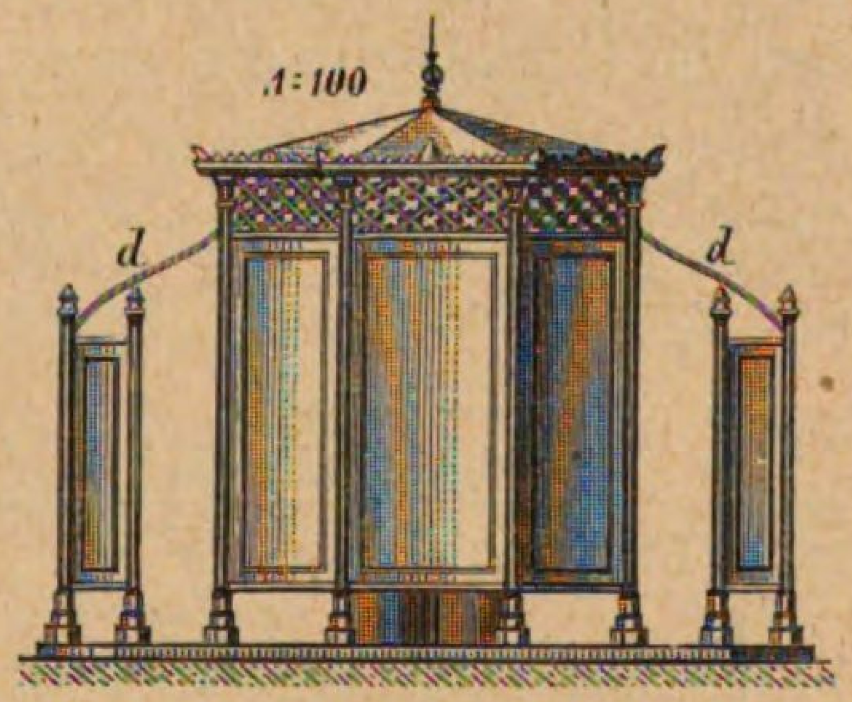
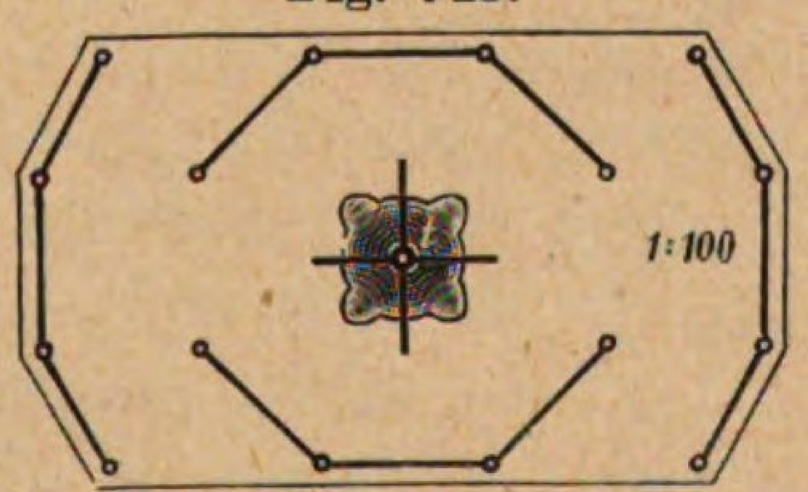


Fig. 745.

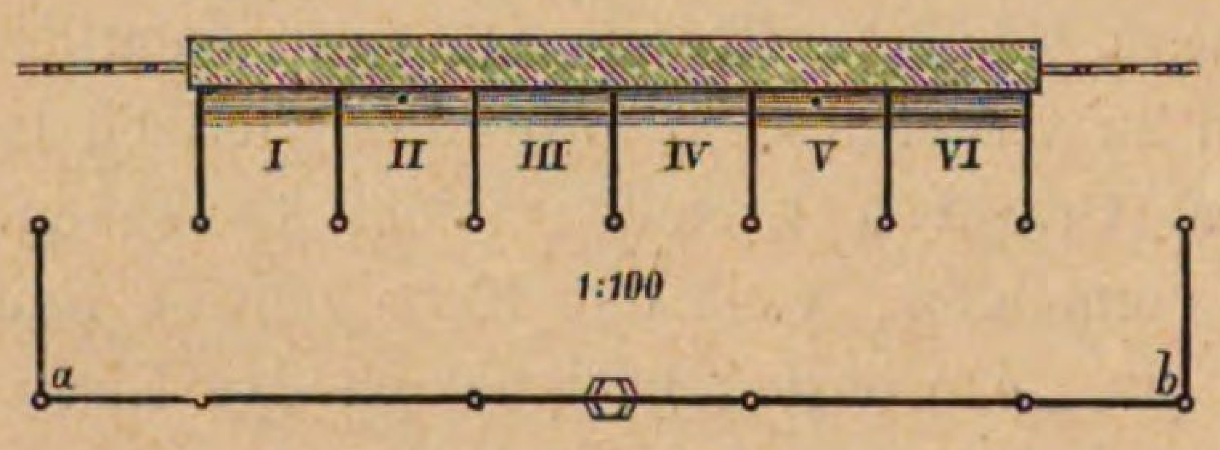


Im Innern des Pavillons steht in deren Mitte eine gusseiserne Röhre von etwa 9 Centim. Durchmesser, auf der sich eine Gaslaterne befindet. Um die Röhre gruppiren sich die 4 oder 6 Stände, deren etwa 1,4 Meter hohen Scheidewände aus 2 Millim. starkem Bleche bestehen,

welches an den Aussenkanten mit 30 × 5 Millim. starkem Flacheisen von beiden Seiten eingefasst ist; vermittelst dieser Flacheisen sind die Scheidewände auch auf dem Fussboden befestigt. In etwa 60 Centim. Höhe über dem Fussboden befindet sich die Oberkante eines gusseisernen trichterförmigen Beckens, welches den Urin aufnimmt und in einen Canal unter den Fussboden ableitet; dieses Becken würde zweckmässig emaillirt werden, wodurch die Ablagerung von Schmutz mehr verhindert und die Reinigung erleichtert wird. Beständige Wasserspülung findet bei diesen Pissoirs nicht statt, doch halten sie sich durch die reichliche Luftzuführung ziemlich geruchlos. Um den Vorsatzwänden, welche die Thüröffnungen verdecken, mehr Steifigkeit zu geben, sind dieselben je durch 2 Rundeisenstangen, *d* Fig. 744, gegen den Pavillon abgestützt, zuweilen ist hier auch ein kleines Vordach aus Blech angebracht. Die Säulen der Pavillons sind dunkelgrün, die Wände grau angestrichen und mit rothen Linien eingefasst.

Eine andere Pissoireinrichtung zeigt der Grundriss Fig. 746; solche kleine Gebäude aus Eisen sind namentlich an dem Wienflusse aufgestellt, in derselben Weise wie die Pavillons construirt und soweit die 6 Stände reichen mit einem leichten Pultdache aus Eisenblech bedeckt. An der massiven 1 Stein starken Hinterwand befindet sich die Urinrinne aus Sandstein mit Gefälle nach den Abflussöffnungen zu. Der mit Asphalt überzogene Fussboden ist nach der Rinne zu geneigt, so dass alle Flüssigkeit leicht in die Rinne gelangen und abfliessen kann. Die Ständeeintheilung hätte man wohl weglassen können, da hierdurch die Einrichtung nur vertheuert und die Reinigung unbequemer wird. In der eisernen Wand *a b*, die nach der Strasse zu gerichtet ist, befindet sich in der Mitte eine Laterne, die sowohl das Pissoir wie auch die Strasse beleuchtet.

Fig. 746.



Weniger empfehlenswerth sind die Pissoirs mit einem Stande, die vielfach in England und auch in Hamburg und Braunschweig*) Anwendung gefunden haben. Diese zeigen im Grundrisse die gewundene Form einer Neun und kehren die offene Seite nach der Strasse zu; sie nehmen bei nur einem Stande viel Platz in Anspruch, haben dagegen den Vortheil, dass sie ohne Säulen ganz aus Blech gebogen hergestellt werden können und in der Ausführung nicht theuer werden.

*) Vom Herrn Ing. **Clauss** mitgetheilt in der Zeitschr. des Archit. und Ing.-Vereins zu Hannover 1869, Blatt 435.

Neunter Abschnitt.

Eiserne Treppen und Aufzüge oder Fahrstühle.

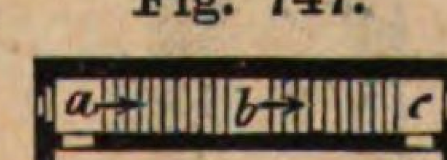
§. 114. Steigungsverhältniss und Grundrissform der Treppen.

Die Treppe zur Verbindung der verschiedenen Stockwerke eines Gebäudes wird so angelegt, dass sie vom Hausflur aus leicht ersichtlich ist. In der Regel wird die Treppe in einem eigenen Raume, dem **Treppenhause**, untergebracht, welcher von massiven Mauern umschlossen ist. Das Treppenhaus muss gut beleuchtet werden, was meistens durch Seitenlicht von den Hofräumen aus möglich ist, und sind die Fenster so anzulegen, dass sie dem Lauf der Treppenarme folgend, nie von denselben durchschnitten werden. Wird es erforderlich, ein Treppenhaus durch Oberlicht zu beleuchten, so muss der zwischen den Treppenarmen befindliche freie Raum, das **Treppenlicht**, weit genug sein, um das oben einfallende Licht in genügender Menge hindurch zu lassen, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Stärke der Beleuchtung mit dem Quadrat der Entfernung des Lichtquelles abnimmt.

Allgemein wird der senkrechte Abstand der Treppenstufen deren **Steigung**, und die horizontale Breite derselben ihr **Auftritt** genannt. Das Steigungsverhältniss der Stufen muss dem gewöhnlichen Schritte eines Menschen möglichst angepasst sein, wenn das Ersteigen einer Treppe nicht beschwerlich werden soll; in der Regel wird das Steigungsverhältniss so bemessen, dass 2 Steigungen +1 Auftritt = 63 Centim. sind. Gewöhnliche Treppen erhalten 18 Centim. Steigung und 27 Centim. Auftritt, bessere ein Steigungsverhältniss von 16 : 31 und Palasttreppen ein solches von 13 : 37 Centimeter. Auch unter den beschränktesten Verhältnissen soll der Auftritt nie unter 22 Centim. betragen, während die Steigung bis 24 Centim. genommen werden darf. In **Wien** schreibt das Baugesetz als grösste Steigung 15,7 und als geringste Auftrittsbreite 28,8 Centim. für Haupttreppen vor. Die freie Höhe zwischen 2 Treppenläufern soll mindestens 2,2 Meter betragen. Damit das Ersteigen einer Treppe mit sonst günstigem Steigungsverhältniss nicht ermüdend wird, darf die Anzahl der Stufen bis zu einem Ruheplatze, **Podest** genannt, nicht zu gross sein, bei bequemen Treppen wird daher nach 10 bis 15 Steigungen 1 Podest angeordnet. Bei geringer Stockwerkhöhe giebt man einer bequemen Treppe ein Podest, bei grösserer Geschosshöhe 2 bis 3 Podeste, doch kann es bei sehr beschränkten Treppenhäusern erforderlich werden, die Treppe ohne Podest in ununterbrochener Stufenfolge von Stockwerk zu Stockwerk durchzuführen.

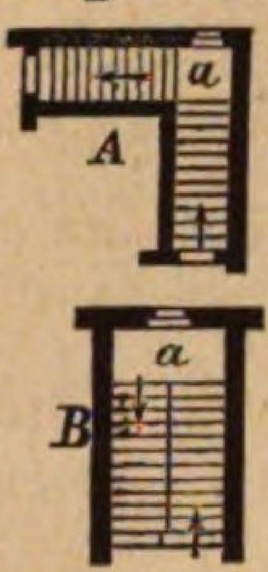
Die Grundrissform der Treppen richtet sich nach der Grösse und Grundform, die man für das Treppenhaus zur Verfügung hat, nach der einfachen oder eleganten Ausstattung derselben etc.; im Allgemeinen unterscheidet man **gerade**, **gebrochene** und **gewundene** Treppen. Eine gerade aufgehende Treppe mit einem Podest auf halber Stockwerkhöhe zeigt Fig. 747, diese Treppe ist die bequemste, sie nimmt aber auch den grössten Raum in Anspruch, denn ausser dem Vorplatze *a*, dem Podeste *b* und dem Vorplatze *c* ist noch ein Gang nöthig,

Fig. 747.



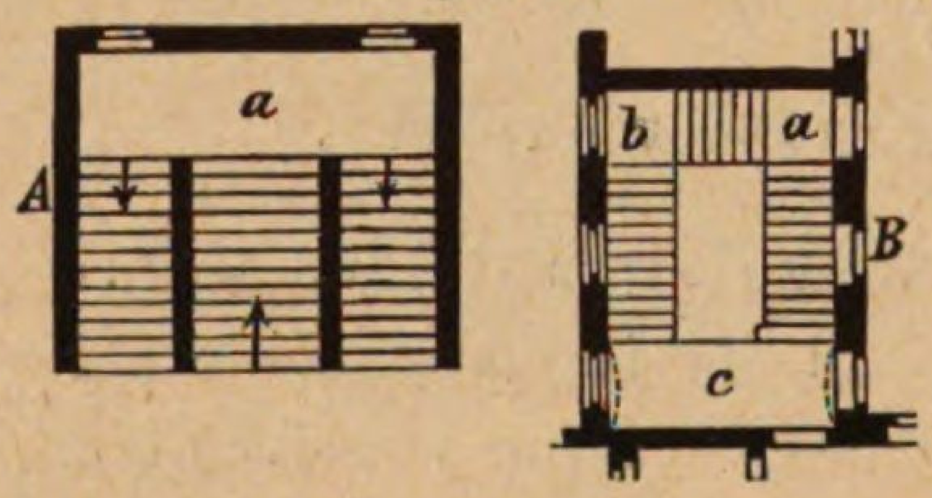
der den Austritt *c* mit dem Antritt *a* zum nächsten Stockwerk verbindet. Für grosse öffentliche Gebäude wird diese Treppe in etwas anderer Form öfter, vom Parterre nur ins erste Stockwerk führend, verwendet. Einfach gebrochene 2armige Treppen sind in Fig. 748 angedeutet, bei *A* liegen beide Arme rechtwinklig zu einander, bei *B* steigen sie in entgegengesetzter Richtung an. Die letztere Grundrissform ist sehr gebräuchlich, weil sie bei genügender Bequemlichkeit nur wenig Raum in Anspruch nimmt. Werden bei dieser Treppe an Stelle des Podestes *a* gewundene Stufen angelegt, so wird sie zwar weniger bequem, aber dafür nimmt sie gegen die Podesttreppe um so viel weniger Raum in der Längenrichtung ein, als die in der Windung angebrachten Stufen in den geraden Armen weniger erforderlich werden.

Fig. 748.



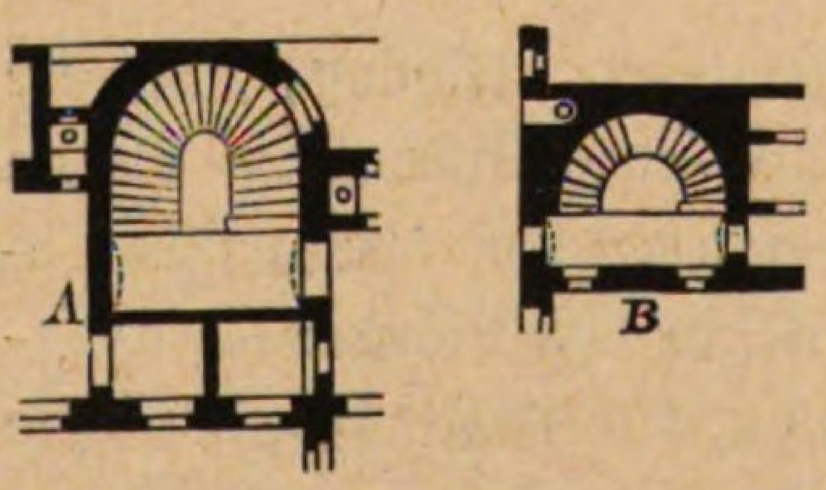
Dreiarmige Treppen zeigt Fig. 749; bei der Treppe *A* führt der mittlere breitere Arm bis zum Podeste *a* auf halber Stockwerkhöhe, von hier aus gehen 2 schmälere Treppenarme bis zur ganzen Höhe des Stockwerkes. Zuweilen wird auch die Anordnung der Arme umgekehrt, indem die beiden schmalen Arme bis zum Podeste *a* und der mittlere Arm weiter aufwärts führt. Diese Treppe wird für öffentliche Gebäude häufig angewendet. Die sehr bequeme 3armige Treppe *B*, Fig. 749, hat 2 Podeste *a* und *b*; in der Regel wird bei derselben ein Vorplatz *c* angeordnet, an dessen einem Ende der Antritt, am anderen dagegen der Austritt der Treppe liegt; von dem Vorplatze *c* aus sind auch die Wohn- oder Geschäftsräume eines Stockwerkes zugänglich.

Fig. 749.



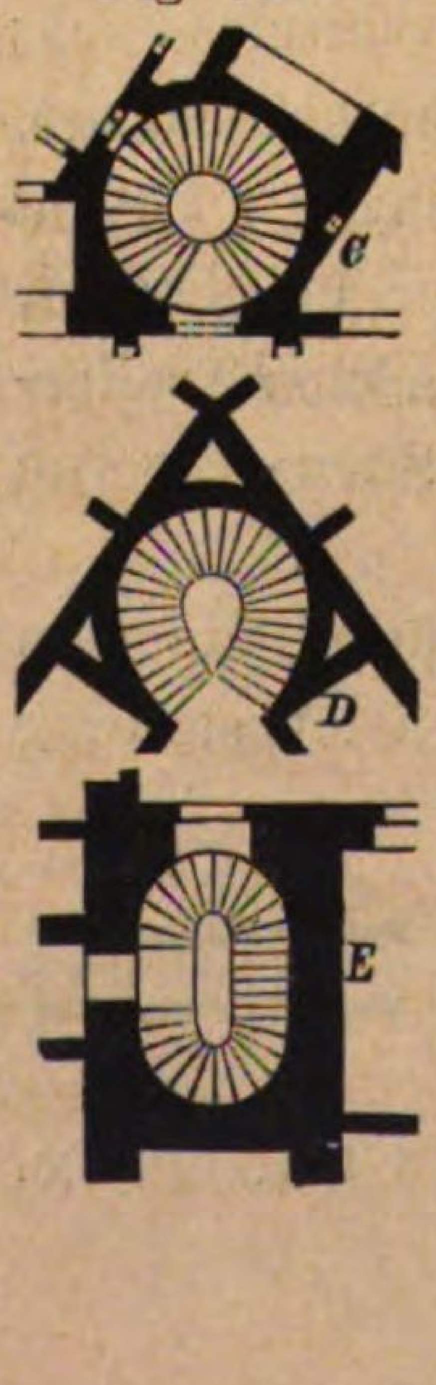
Halbgewundene Treppen mit grossem Treppenlichte in Verbindung mit geraden Läufen sind in Fig. 750 dargestellt; die Eintheilung der Wendestufen geschieht auf der halben Treppenbreite, und damit die Auftrittbreite der Wendestufen an der inneren Wange möglichst gross wird, legt man die Stufen nicht radial, sondern man dehnt die Schwenkung noch über die eigentliche Windung hinaus auf die Stufen der anschliessenden geraden Treppenarme aus, wie dies Fig. 750 *A* andeutet. In **Wien** kommt die Treppe *A* sehr oft als Haupttreppe mit ca. 25 Stufen zwischen je 2 Stockwerken und durch alle Geschosse reichend vor. Für derartige Haupttreppen enthält das Wiener Baugesetz die Vorschrift, dass sie aus feuersicherem Material hergestellt und für 1- oder 2stöckige Häuser wenigstens 1,1 Meter, für mehrstöckige wenigstens 1,2 Meter im Lichten breit sein müssen. Die Wendestufen sollen 48 Centim. von der Mauer entfernt mindestens 29 Centim. und am Spitzende wenigstens 13 Centim. Auftrittbreite haben. Bequemer werden die halbgewundenen Treppen, wenn man, nach Fig. 750 *B*, auf halber Stockwerkhöhe ein Podest anordnet.

Fig. 750.



Ganz gewundene Treppen oder **Wendeltreppen** werden entweder mit **voller** oder mit **hohler** Spindel ausgeführt. Wendeltreppen mit voller Spindel, wie eine solche in Fig. 3, **Blatt 16** dargestellt ist, wendet man gewöhnlich nur noch bei sehr beschränkten Räumlichkeiten an, weil sie von allen Treppen den geringsten Raum einnimmt; sie wird auch selten in einem besondern Treppenhause eingeschlossen, sondern meistens in einer Ecke der zu verbindenden Räume aufgestellt und verbindet in der Regel nur 2 Geschosse miteinander. Wendeltreppen mit hohler Spindel werden dagegen auch als Haupttreppen selbst für Paläste ausgeführt. Fig. 751 *C* zeigt eine derartige Treppe von ca. 6,5 Meter Durchmesser, die ohne Podest von einem Stockwerk zum andern durchgeführt ist; auch hier sind die Stufen nicht radial gelegt, um denselben an der Spindel eine grössere Auftrittbreite geben zu können.

Fig. 751.



Die für ein Wiener Miethhaus ausgeführte hufeisenförmig gewundene Treppe von 4,2 Meter Durchmesser, Fig. 751 *D*, kann unter Umständen der kreisförmig gewundenen Treppe gegenüber den Vortheil bieten, dass man bei einer Umdrehung eine grössere Anzahl Stufen unterbringen kann; dasselbe ist auch bei der elliptischen Treppe *E* der Fall.

Am An- und Austritt muss **jede** Treppe fest unterstützt sein; kommt keine weitere Unterstützung bei derselben vor, so nennt man sie eine **freitragende** Treppe; im andern Falle, wenn zwischen An- und Austritt noch weitere Unterstützungen vorkommen, heisst sie eine **unterstützte** Treppe.

Bei Eintheilung der Stufen einer Treppe im Grundrisse zählt man stets die **Linien** der Stufen, indem jede Linie eine Steigung andeutet.

Den Auftritt einer Treppenstufe bildet die **Trittstufe** und der Raum zwischen 2 Auftritte wird durch die **Setz-** oder **Futterstufe** geschlossen; besteht die Setzstufe und Auftrittstufe aus einem Stücke, so heisst sie **Blockstufe.**

§. 115. Construction der eisernen Treppen.

Wird eine Treppe nach irgend einer Grundrissform an den beiden Wangenseiten durch aufgehende Mauern unterstützt, so kann man die gusseisernen **Setzstufen** nach Fig. 752 als **I**-Träger construiren, die mit ihren beiden Enden in den Mauern aufliegen. Die Trittstufen können dann aus Holz, Marmor oder Schiefer bestehen; diese greifen mit ihrer hintern Seite in einen Falz der Setzstufe ein, während sie vorne auf der anderen Setzstufe aufliegen. Soweit die Setzstufen sichtbar bleiben, können sie passend ornamentirt werden; unterhalb würden je 2 Setzstufen nach der unteren Ansicht einer Trittstufe Fig. 753 und nach dem Querschnitte Fig. 752 durch eine Schmiedeeisenconstruction miteinander zu verbinden sein. Derartige Setzstufen wiegen pro lfd. Meter bei 15 Centim. Höhe ca. 23 Kilogramm und liefert die **Tangerhütte** bei Magdeburg solche Treppen, bei 2,2 Meter lichter Breite, pro Stufe für ca. 19 Mark.

Fig. 752.

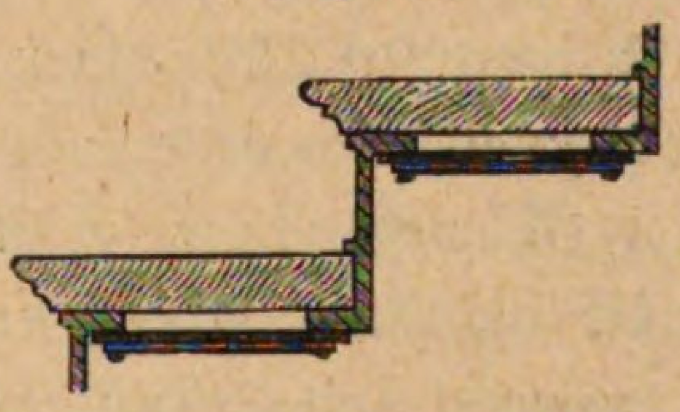
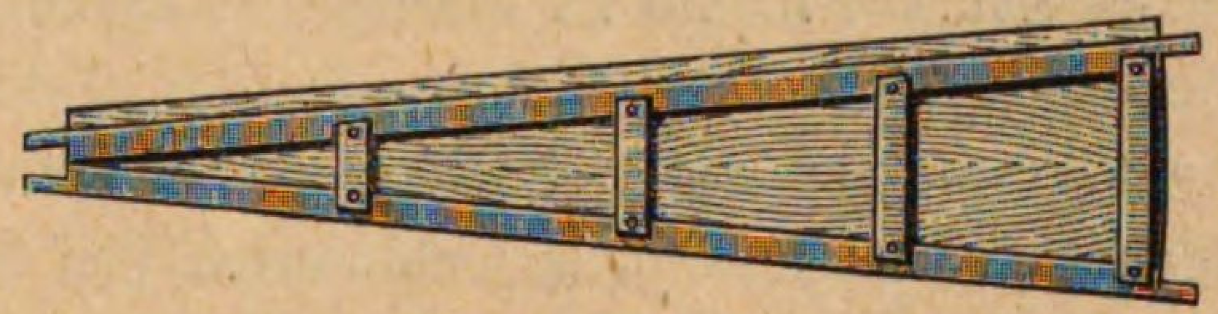
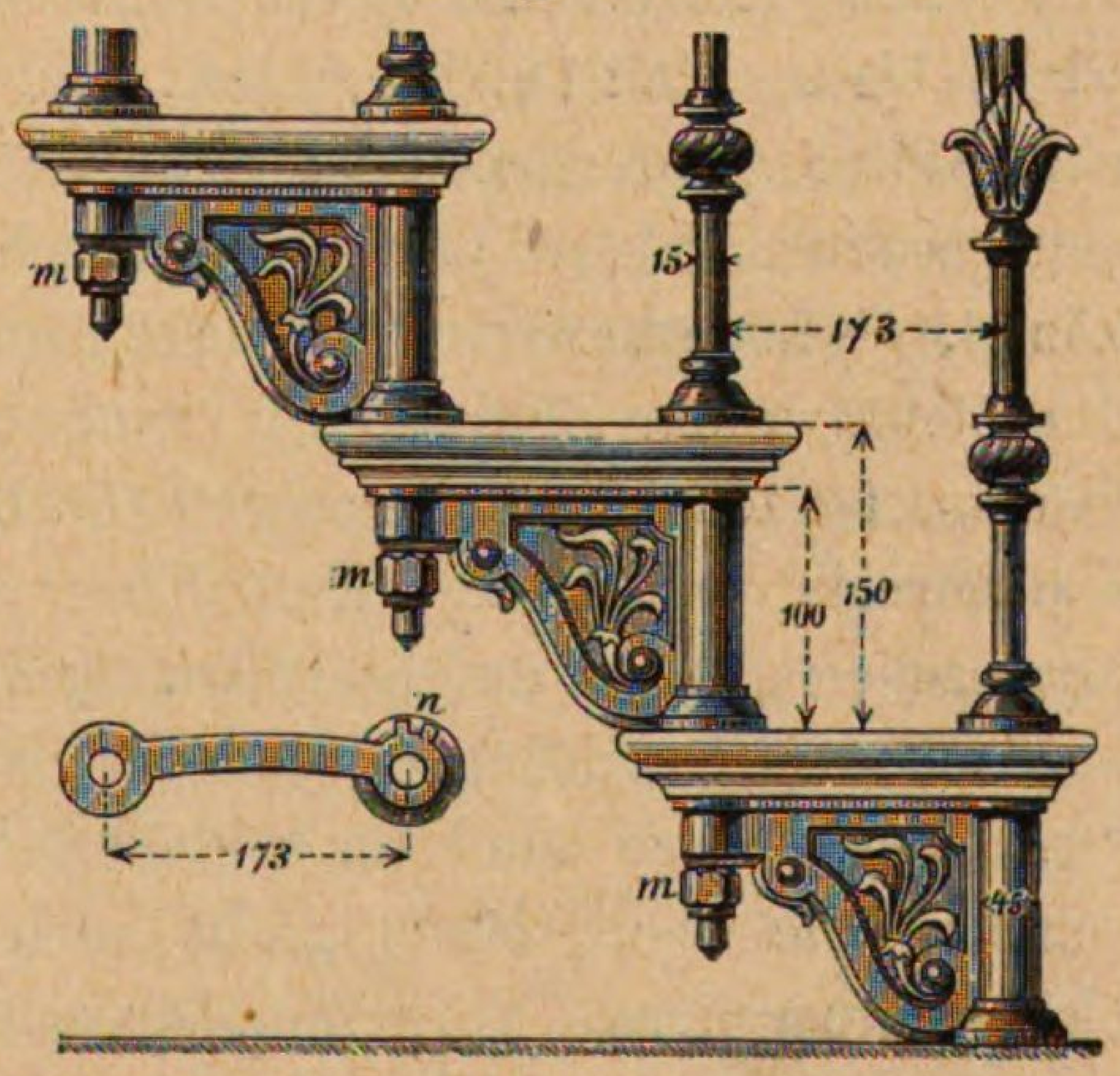


Fig. 753.



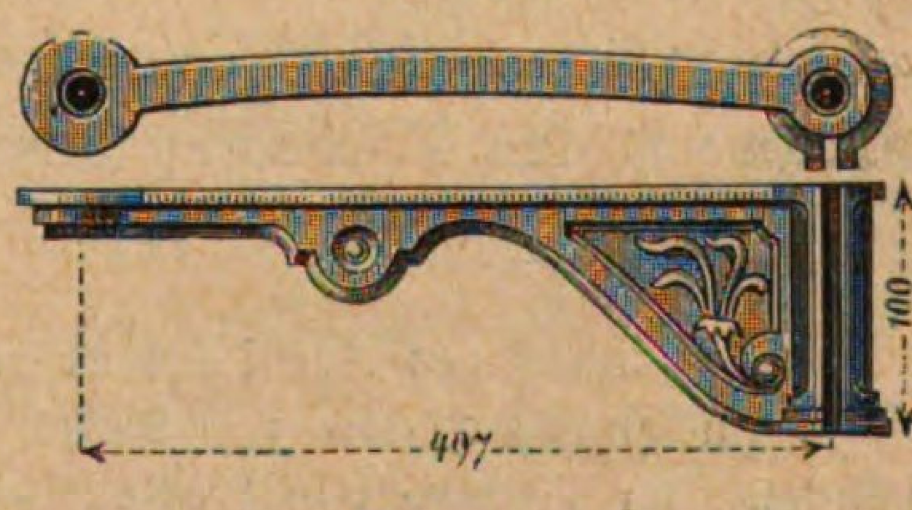
Wegen seiner grossen Festigkeit und der leichten Verbindung verschiedener Constructionstheile eignet sich das Eisen sehr gut zur Herstellung von Treppen, namentlich kann man dem Gusseisen eigenthümliche, sehr elegante Formen geben, wie sie bei keinem andern Material, woraus Treppen hergestellt werden, möglich sind. Fig. 754 zeigt eine von der **Tangerhütte** für das Stadt-Theater zu Breslau ausgeführte Wendeltreppe, die freitragend construirt ist.

Fig. 754.



Die einzelnen Wangentheile bestehen aus Consolen, von denen je 2 durch eine **Geländer-Traille** mittelst der Schraubenmuttern *m* zusammengehalten werden; Fig. 754 giebt die Ansicht und den Grundriss der inneren Wangentheile, während in Fig. 755 der Grundriss und die Ansicht der äussern Wangentheile dargestellt ist. Die Wangenmodelle sind auf dem Eisenwerke sowohl für rechts wie für links herumgehende Treppen vorhanden. Weil die Traillen in ihrem untern Theil auf Zugfestigkeit beansprucht wer-

Fig. 755.



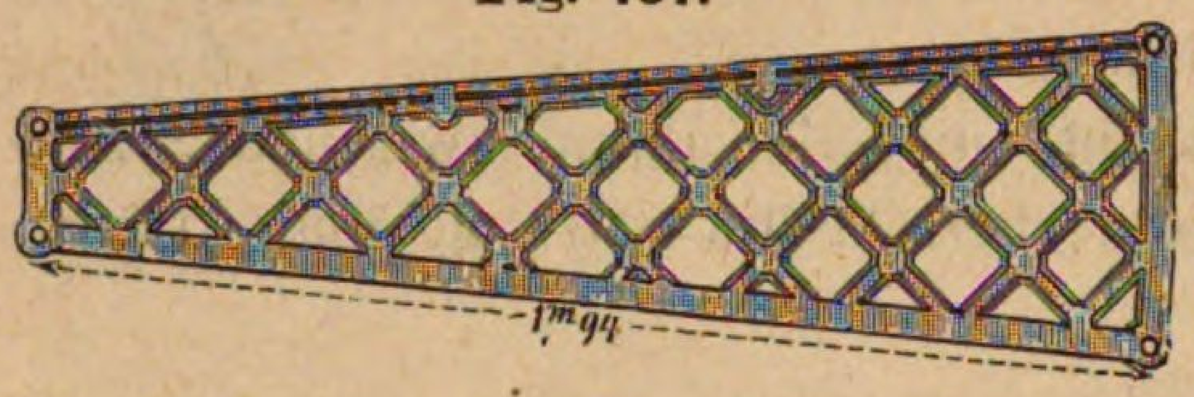
den, musste man dieselben aus Schmiedeeisen herstellen. Sie bestehen aus Rundeisen und haben unten einen Durchmesser von 13 Millim.; das obere Ornament ist angegossen.

Eine theilweise Vorderansicht der Setzstufen giebt Fig. 756, ihre Verbindung mit den Wangentheilen geschieht durch Einschiebung in die mit *n* bezeichneten Schlitze des Grundrisses Fig. 754. Die untere Ansicht einer 13 Millim. starken gusseisernen durchbrochenen Trittstufe zu dieser Treppe zeigt Fig. 757, dieselbe wird an 2 Stellen mit der Setzstufe durch angegossene Lappen und Schrauben verbunden. Der Trittstufenbelag kann aus Holz oder Marmor bestehen; wenn Holz verwendet wird, so muss dasselbe gut trocken sein, weil sonst durch das Schwinden des Holzes die Consolverbindungen der Wangen lose werden und zu Gefahr Veranlassung geben können.

Fig. 756.



Fig. 757.



Ein äusseres Consol, Fig. 755, wiegt etwa 4,3 Kilogr., ein inneres Consol 2 Kilogr., eine Setzstufe 19 Kilogr., eine Trittstufe 28 Kilogr., eine Traille 5 Kilogr. und das Ornament dazu 2 Kilogr.; also eine complette Stufe ohne Marmorbelag hat ein Gewicht von ca. 61 Kilogr., wenn nur an einer Wange ein Geländer angebracht wird, während eine Stufe ca. 68 Kilogr. wiegt, wenn 2 Geländer ausgeführt werden. Bei 1,94 Meter Stufenbreite kostet die Treppe mit einseitigen Traillen pro Stufe ca. 25 Mark; bei 1,65 Meter Stufenbreite 22½ Mark. Diese Construction kann natürlich auch für **gerade** Treppenläufe angewendet werden; sie muss in allen Fällen oben und unten sorgfältig unterstützt sein, im Uebrigen kann man sie an beiden Seiten freitragend, oder an einer Seite freitragend und an der andern unterstützt herstellen; im letzteren Falle werden nur für die freitragende Seite Wangenconsolen erforderlich.

Eine ähnliche Wendeltreppe, wie die vorstehend angeführte, befindet sich im Palais des **Kaisers Wilhelm** zu Berlin*). Dieselbe hat 2,35 Meter Durchmesser, ist mit hölzernen Setz- und Trittstufen, mit eisernen Traillen an einer Seite und mit kurzen Schraubenbolzen an der andern Seite versehen und kostet fertig aufgestellt incl. Handleiste aus Mahagoniholz und incl. Oelanstrich pro Stufe 19 Mark. Wegen der hohlen Spindel sind solche Treppen auch für Oberlichtbeleuchtung anwendbar.

Nach demselben Constructionsprinzip ist auch die Wendeltreppe mit **voller** Spindel, Fig. 3 bis 9, **Blatt 16,** hergestellt, nur mit dem Unterschiede, dass statt der innern Wange eine runde schmiedeeiserne Spindel aufgestellt ist, worauf die an den Trittstufen angegossenen hohlen Cylinder aufgeschoben werden. Diese Treppe ist von der früheren **Königl. Eisengiesserei** zu Berlin**) ausgeführt; ihr Halbmesser beträgt 78,4 Centim. und die Steigung der Stufen 18,7 Centimeter. Die Spindel, aus 3,3 Centim. starkem Rundeisen, ist nach Fig. 3 unten bei *S* mit einer Grundplatte versehen und in dem Fundamentmauerwerke befestigt. Auf diese Spindel sind sämmtliche Trittstufen mit ihren angegossenen Hülsen aufgeschoben und werden dieselben durch den oberen Treppenpfosten mittelst durchgetriebenen Keil fest aufeinander gepresst. Die Hülsen haben 6 Centim. Durchmesser und sind nach dem Horizontalschnitte Fig. 7 mit einer Cannelirung versehen; jede obere Stufe greift nach Fig. 6 mit einem kleinen abgedrehten Ansatze in eine entsprechende Vertiefung der unteren Stufe ein. An der Oberfläche sind die Trittstufen gerippt, weil das Gusseisen durch das Betreten sehr glatt wird und man leicht ausgleiten würde, wenn die Trittstufen nicht mit feinen Rippen oder mit Durchbrechungen versehen wären. Die decorirten Setzstufen mussten separat gegossen werden; ihre Verbindung mit den Trittstufen erhellt aus Fig. 6 bis 8, **Blatt 16,** woraus ersichtlich, dass

*) Notizblatt des Architektenvereins zu Berlin, Jahrgang 1838.

) Entlehnt aus dem von **Strack und **Hitzig** herausgegebenen Werke »Der innere Ausbau von Wohngebäuden«, im Verlage von Ernst und Korn in Berlin.

durch die Trittstufen kleine Schrauben in die Lappen *n* der Setzstufen eingeschraubt wurden.

Aus dem Horizontalschnitte Fig. 5 geht hervor, dass 12 Stufen eine ganze Umdrehung bilden, ihre Verbindung in der äussern Wange zeigt Fig. 9; an der Aussenseite der Trittstufen sind nämlich ebenfalls Hülsen angegossen, durch welche die Geländerstäbe hindurchgehen, diese haben unten Gewinde, während die Hängezapfen *Z* die Muttern bilden. Da in dem vorliegenden Falle die Geländertraillen aus Gusseisen bestehen, so sind die durch die Trittstufenhülsen hindurchgesteckten 13 Millim. starken Rundeisenstangen oberhalb jeder Stufe in die Traillen eingeschraubt. Die reich ornamentirten Consolen unter den Trittstufen Fig. 9 sind separat gegossen und an den Stufen angeschraubt, sie gehören nicht wesentlich zur Construction, sondern dienen mehr zur Verzierung der Treppe. Den Austritt der Treppe zeigt Fig. 3 in der Ansicht und Fig. 4 im Grundrisse; *P* ist die Austrittplatte.

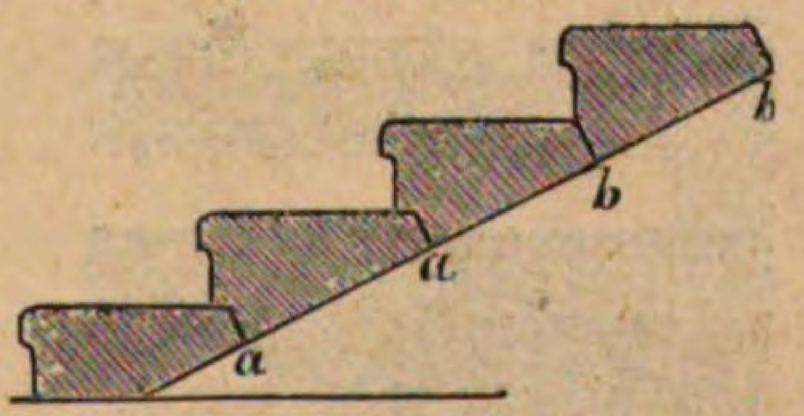
Die **Tangerhütte** bei Magdeburg hat 6 verschiedene Modelle für Wendeltreppen mit **voller** Spindel. No. 1 mit Setzstufen hat 1,07 Meter Halbmesser, 19 Centim. Steigung und ein Gewicht von 70 Kilogr. pro Stufe; sie kostet pro Stufe 25 Mark. No. 2 von 94 Centim. Halbmesser, 21 Centim. Steigung, ohne Setzstufen, hat pro Stufe ein Gewicht von 46 Kilogr. und kostet $17^1/_2$ Mark. No. 3, ohne Setzstufen, hat 63 Centim. Halbmesser, 18,3 Centim. Steigung und 31 Kilogr. Gewicht pro Stufe; sie kostet $12^3/_4$ Mark. No. 4, ohne Setzstufen, hat 78,5 Centim. Halbmesser, 19,3 Centim. Steigung, wiegt pro Stufe 40 Kilogr. und kostet 15 Mark. No. 6, mit Setzstufen und Wange hat 70,6 Centim. Halbmesser, 20,3 Centim. Steigung, wiegt pro Stufe 31 Kilogr. und kostet pro Stufe $17^1/_2$ Mark; 12 Stufen bilden eine volle Drehung. No. 8 endlich hat 58 Centim. Halbmesser, 20,3 Centim. Steigung; sie ist ohne Setzstufen construirt, wiegt 30 Kilogr. pro Stufe und kostet 14 Mark; 16 Stufen bilden einen vollen Kreis. Bei diesen Treppen sind schmiedeeiserne Traillen und Geländer mit in den Preis pro Stufe eingerechnet.

Das Eisenwerk **Lauchhammer** in der preuss. Provinz Sachsen liefert 3 verschiedene Wendeltreppen mit **voller** Spindel, sowohl rechts wie links aufsteigend. Bei der Treppe No. 1 von 60 Centim. Halbmesser bilden 12 Stufen eine volle Umdrehung, sie wiegt pro Stufe 16 Kilogr. und kostet 8 Mark. Die Treppe No. 2 hat 72 Centim. Halbmesser und 14 Stufen auf der vollen Umdrehung; wenn die Stufen decorirt sind, wiegt die Treppe pro Stufe 32 Kilogr. und kostet 15 Mark; im andern Falle beträgt das Gewicht pro Stufe $28^1/_2$ Kilogr. und die Kosten 12 Mark. Bei No. 3 von 85 Centim. Halbmesser bilden 15 Stufen eine Umdrehung; eine Stufe wiegt decorirt 40 Kilogr. und kostet 18 Mark, nicht decorirt 38 Kilogr. und kostet 15 Mark. Mit decorirten Traillen werden die Treppen pro Stufe um ca. 1 Mark theurer; die Steigung beträgt 17,7 bis 20,3 Centim. je nach Erforderniss der Etagenhöhe.

Die Hütte **Ilsenburg** am Harz hat 6 Modelle zu Wendeltreppen von 55 bis 102 Centim. Halbmesser, und liefert dieselben pro Stufe zu $12^1/_2$ bis 24 Mark.

Das System der **Blockstufen**, welches bei **freitragenden** Treppen aus Haustein gebräuchlich ist, kann man auch für eiserne Treppen anwenden. Die Werksteinstufen erhalten die in Fig. 758 angedeutete Querschnittform, stossen entweder wie bei *a* oder wie bei *b* aneinander und liegen mit dem einen Ende auf $^1/_2$ bis 1 Ziegelsteinlänge in der Mauer. Die innern Umfassungsmauern der Treppenhäuser werden für alle Stockwerke gleich stark gemacht, sie erhalten bei Mauerung in Cementmörtel 1, oder besser $1^1/_2$ Stein Stärke, während die äusseren Treppenhausmauern die mittlere Stärke der Umfassungsmauer des Gebäudes erhalten. Bei 1 bis $1^1/_2$ Meter Treppenbreite müssen die Steinstufen mindestens 13 Centim. in das Mauerwerk einbinden und die untere, sowie eine weitere Stufe in jedem Arm müssen doppelt so tief eingreifen. Bei grösserer Treppenbreite lässt man alle Stufen mindestens 25 Centim. tief in das

Fig. 758.

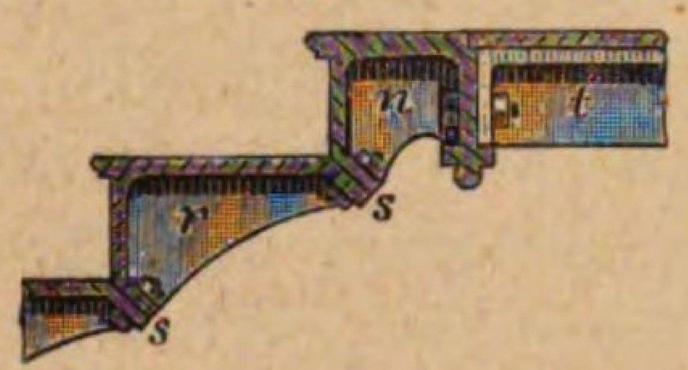


Mauerwerk einbinden. Der Falz bei *a* ist der schrägen Fläche bei *b*, Fig. 758, vorzuziehen, weil die schiefe Ebene bei *b* ein Abgleiten begünstigt, wenn sich gerade eine Stufe in der Mauer etwas gelöst haben sollte.

Die Stufen gleichzeitig mit dem Aufführen der Treppenhausmauern zu versetzen, ist nicht zweckmässig, da hierdurch die Aufführung des Mauerwerkes sehr verzögert wird. Am besten verfährt man, wenn man die Mauern voll aufführt und später die Stufen nach einander einstemmt und gleich mit Cement vermauert. Bei Treppen mit geraden Armen legt sich die oberste Stufe gewöhnlich wie in Fig. 750 *A* gegen einen starken eisernen I-Träger, der von einer Mauer zur andern reicht. Der Druck jeder obern Stufe wird also auf die nächst untere und so weiter fort bis auf die unterste Stufe eines Treppenarmes übertragen, die letztere muss daher sorgfältig unterstützt und gegen Verschiebung gesichert sein. Den Verticalschnitt durch eine derartig construirte Treppe zeigt Fig. 11, **Blatt 16.**

In derselben Weise, wie diese freitragenden Treppen aus Stein, sind auch solche aus Eisen construirt, doch werden hierbei die Stufen nicht voll, sondern nur mit 12 bis höchstens 20 Millim. starken Wandungen, wie in Fig. 759 dargestellt, gegossen. Hier ist *n* die Podeststufe, die von einer Mauer zur andern reicht und in beiden Mauern aufliegt. An der Podeststufe sind die Querträger *t*, worauf die Podestplatten ihr Auflager finden, mittelst Schrauben befestigt; mit dem anderen Ende liegen die Querträger in der Mauer. Die Podeststufe legt sich mit einer ca. 8 Centim. breiten Flantsche *s* gegen die nächst untere Stufe, diese ebenso wieder gegen die folgende und so fort bis zur untersten Stufe. Schraubenbolzen verbinden die Flantschen *s* von je 2 Stufen mit einander, so dass ein Gleiten derselben nicht stattfinden kann. Sämmtliche mit einem Ende in der Mauer einbindenden Stufen eines Treppenarmes bilden somit ein unverschiebbares Ganzes, wovon kein einzelner Theil sich bewegen kann, so lange der untere und obere Stützpunkt dem Schube genügenden Widerstand leistet. Damit aber die Stufen den Schub aushalten können, müssen dieselben unterhalb 10 bis 12 Millim. starke Querrippen *n* und *r* erhalten, die in etwa 40 bis 50 Centim. Abstand anzubringen sind. Nach diesem System kann jede beliebige gerade, gebrochene oder gewundene Treppe ausgeführt werden.

Fig. 759.

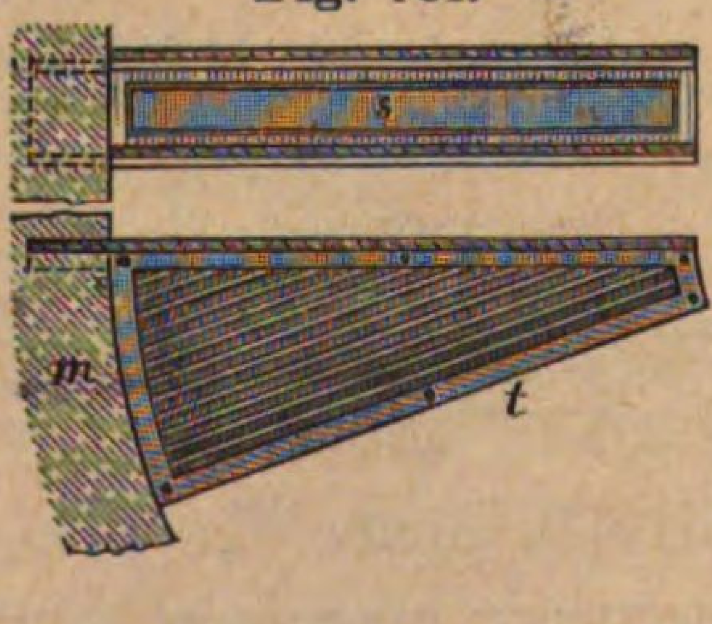


Anstatt die Stufen in einem Stücke zu giessen, kann man auch die Setzstufen und Trittstufen separirt herstellen; in diesem Falle dienen die Setzstufen als die eigentlichen Träger der Treppe, indem die Setzstufen *s*, Fig. 760, als einseitig eingemauerte Balken, die Trittstufen *t* aufnehmen. Als zweckmässigste Querschnittsform der Setzstufen kann die in Fig. 760 dargestellte angesehen werden, weil dieselbe eine leichte Befestigung der Trittstufen zulässt und dabei ein grosses Widerstandsmoment besitzt; auch ist sie leicht ausführbar und kann beliebig decorirt werden. Die Stärke des verticalen Steges richtet sich nach der Breite der Treppe und wird gewöhnlich zwischen 6 und 12 Millim. genommen. Fig. 761 zeigt eine derartig construirte Treppe im Grundriss und in der Ansicht; hierbei ist eine Wendeltreppe von 2,5 Meter Durchmesser mit einer 0,5 Meter weiten hohlen Spindel angenommen, so dass eine Breite von 1 Meter für die Treppe bleibt. Die Setzstufen *s* müssen mindestens 13 Centim. tief in der Mauer *m* einbinden und mit Cement darin festgegossen werden, sicherer ist es, wenn man sie tiefer als 13 Centim. eingreifen lässt, denn hierdurch wachsen die Kosten nur unerheblich. Zur Verhinderung des Ausgleitens ist die Trittstufe *t* an ihrer Oberfläche mit schmalen Rippen zu versehen, was empfehlenswerther ist als Durchbrechungen, indem die Oeffnungen den Staub und Schmutz von den Stiefeln hindurch lassen, der dann den nachfolgenden Passanten auf die Kleider

Fig. 760.



Fig. 761.



fällt. Mit der hinteren Seite sind die ca. 12 bis 14 Millim. starken Trittstufen *t* in einen kleinen Falz eingeschoben und auf der unteren Flantsche der Setzstufe noch mit 3 Schrauben oder Nieten befestigt, mit dem vorderen Ende liegen sie auf dem oberen Flantsch der Setzstufen auf und sind hier ebenfalls befestigt.

Die Kosten einer in dieser Weise construirten Wendeltreppe nach den vorstehenden Dimensionen, mit etwa 17 Centim. Steigung, betragen pro Stufe fertig aufgestellt ca. 12 Mark. Auch diese Constructionsmethode ist sowohl für gerade und gebrochene wie für Wendeltreppen anwendbar, und ist die Tragfähigkeit der Setzstufen nach Formel (31) zu berechnen.

Bei den gebrochenen Treppen aus Eisen hat das System der **Wangenträger** die meiste Anwendung gefunden, wobei die Art der Construction grosse Aehnlichkeit mit den aus Holz hergestellten Treppen hat, auch werden die Stufen wie bei den hölzernen Treppen entweder **aufgesattelt**, oder zwischen den Wangen **eingestemmt**. Die letztere Constructionsart ist für eiserne Treppen aus dem Grunde nicht zweckmässig, weil sie sehr hohe Wangen erfordert; sie soll hier daher nicht weiter erwähnt werden.

Treppenwangen construirt man gewöhnlich aus Gusseisen, ebenso auch die Stufen, namentlich die Setzstufen, indem dieses Material sich ganz beliebig formen lässt, so dass man im Stande ist, den gusseisernen Treppen durch profilirte Gliederungen ein leichtes und gefälliges Ansehen zu geben. Schmiedeeiserne Treppenwangen kann man aus hochkantigem Flacheisen, oder aus I- und ⊏-Eisen herstellen, worauf dann die dreieckigen Sattel für die Stufen durch Schraubenbolzen oder Nieten befestigt werden.

Die Höhe und Stärke der Wangen richtet sich nach der Länge der Treppenarme und nach der Breite der Treppe, man muss also die Dimensionen der Wangen für jeden einzelnen Fall durch Rechnung ermitteln.

Nimmt man eine 2armige Treppe *B*, Fig. 748, an, auf der 2 Personen bequem aneinander vorbeigehen sollen, so müssen die Treppenarme eine Breite von etwa 1,2 Meter erhalten; der ungünstigste Fall der Belastung würde eintreten, wenn auf jeder Stufe 2 Personen ständen, und für diesen Fall wäre die Tragfähigkeit der Treppe zu berechnen. Das Gewicht einer Person kann im Durchschnitt zu 70 Kilogr. angenommen werden; eine Stufe von 1,2 Meter Breite erhält demnach 140 Kilogr. an **zufälliger** Last, was pro Meter Stufenbreite rund 115 Kilogr. ergiebt. Bezeichnet also:

B die Breite der Stufen in Metern
n die Anzahl der Stufen eines Laufes und
P die ganze zufällige Last eines Laufes, so ist:

$$P = n \cdot B \cdot 115 \text{ Kilogramm} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (277)$$

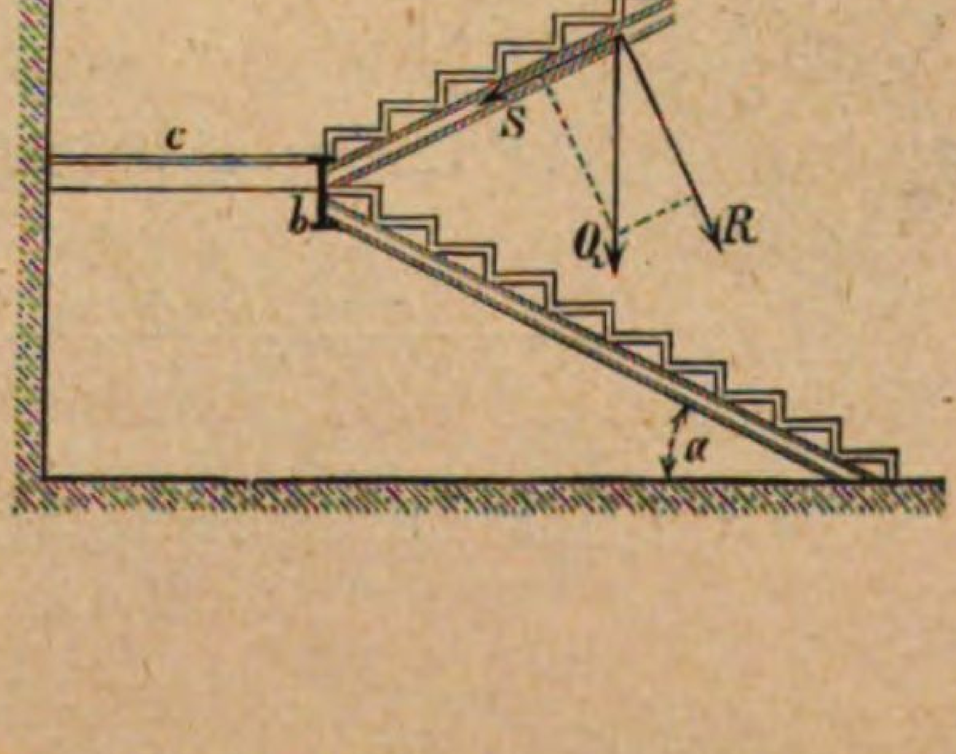
Ist noch das ganze Eigengewicht eines Treppenlaufes $= p$ und hat jeder Lauf 2 Wangen, so erhält jede Wange eine **gleichmässig vertheilte** Last von $\frac{p}{2} + \frac{P}{2}$. Statt dieser kann man die Hälfte derselben als Einzellast Q in der Mitte der Wange angreifend denken und es ist:

$$Q = \frac{1}{2} \frac{p + P}{2} = \frac{p + P}{4} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (278)$$

Da die Wangen nach Fig. 762 unter einem Winkel a gegen den Horizont geneigt liegen, muss sich die belastende Kraft Q in eine **senkrecht** zur Richtung der Treppenwange wirkende Kraft R und in die nach der Richtung der Treppenwange wirkende Kraft S zerlegen, die erstere Kraft beansprucht die Wange auf **Biegung**, die letztere nimmt sie aber auf **Druck** in Anspruch. Nach dem Kräfteparallelogramm Fig. 762 wird:

$$R = \cos a \cdot Q, \text{ und } S = \sin a \cdot Q \quad \ldots \quad (279)$$

Fig. 762.

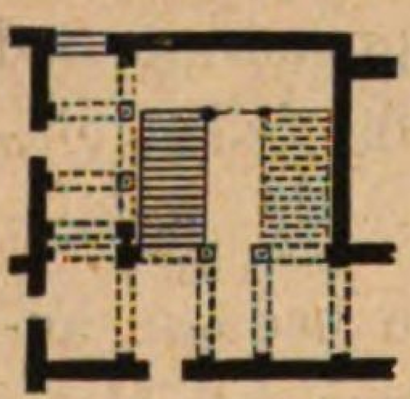


Bei Bestimmung des Trägheits- und Widerstandsmomentes der Wangen (nach Formel (34) S. 40) kann man für Gusseisen auf **Zug** $k = 300$ bis 400 Kilogr., auf **Druck** aber $k =$ ca. 800 Kilogr. pro □ Centim. zulassen.

Der **Podestbalken** b, Fig. 762, hat die halbe Last des Podestes c, sowie die halbe permanente und zufällige Last des unteren und des oberen Treppenarmes aufzunehmen, er erhält also eine erhebliche Belastung, sein Querschnitt wird daher am besten **I**-förmig gestaltet. Nach Fig. 748 *B* greifen 2 Wangen den Podestbalken dicht an der Mauer an, ihr Biegungsmoment ist also sehr gering, die beiden andern Wangen aber wirken auf die Mitte des Balkens. Jede der beiden mittleren Wangen belasten den Podestträger mit Q, derselbe erhält daher eine in der Mitte angreifende Einzellast $= 2\ Q$, wozu noch als gleichmässig vertheilte Last die halbe Belastung des Podestes c und das Eigengewicht des Podestbalkens hinzukommt. Das erforderliche Widerstandsmoment lässt sich nach den Formeln (34) bis (46) leicht ermitteln, und hiernach sind die Querschnittsabmessungen des Balkens zu bestimmen. Um den Schub der Wangen gegen den Podestbalken aufzuheben, wird entweder eine Kappe zwischen Podestbalken und Mauer eingewölbt, oder es werden Querträger an den Podestbalken angeschraubt, die mit dem andern Ende in der Mauer aufliegen und den ersteren in dieser Weise gegen die Mauer absteifen.

In Fig. 10, **Blatt 16** ist der Verticalschnitt durch eine 2armige Podesttreppe wiedergegeben, die von dem Herrn Hofbaurath **Willebrand** für das Universitätsgebäude zu Rostock*) entworfen und von dem Eisenwerke **Lauchhammer** (Preuss. Provinz Sachsen) in Gusseisen ausgeführt wurde. Den Grundriss dieser Treppe zeigt Fig. 763, woraus ersichtlich, dass der Podestbalken von 2 durchgehenden Säulen unterstützt wird, und dass die Treppe ein ziemlich weites Treppenlicht erhalten hat, weil die Treppe durch Oberlicht beleuchtet wird. Die Breite der durch 2 Geschosse reichenden Treppe beträgt etwa 2,5 Meter und die Steigung ca. 16 Centimeter. Solche Treppen lassen sich als Haupttreppen für öffentliche Gebäude sehr elegant ausführen, namentlich wenn man die Stufen aus 5 Centim. starken Marmorplatten herstellt; in dem vorliegenden Falle bestehen die Trittstufen aus hartem Holze. Bei diesen 2armigen Treppen ist auch die Podestconstruction ziemlich einfach, indem die beiden mittleren Wangen sich direct auf die beiden durchgehenden Säulen stützen können; der Podestbalken wird dann aus 3 Theilen zusammengesetzt und von diesem aus gehen die Hauptträger des Podestes nach der Mauer; zwischen diesen Hauptträgern sind wieder Querträger befestigt. Wenn kein Treppenlicht vorhanden ist, wenn also beide Treppenarme dicht aneinander rücken, so wird auch nur eine Säule zur Unterstützung des Podestbalkens erforderlich, wenn man diesen überhaupt unterstützen will.

Fig. 763.



In den meisten Fällen ist es vortheilhafter, wenn man den Podestbalken bei 2armigen Treppen nicht unterstützt, sondern ihn nur auf den beiden Treppenmauern aufliegen lässt, weil dann wohl der Balken etwas schwerer ausfällt, dafür aber die Säule erspart wird. Eine in dieser Weise construirte 2armige Treppe mit schmalem Treppenlicht ist von der **Tangerhütte** bei Magdeburg in gothischen Formen ausgeführt. Den Querschnitt durch den Podestbalken dieser 2,04 Meter breiten Treppe zeigt Fig. 764, die theilweise Ansicht des Podestbalkens Fig. 765. Die verticale Rippe a des letzteren ist 26 Millim. stark, ebenso der obere auf Druck beanspruchte einseitige Flantsch; der untere auf

Fig. 764.

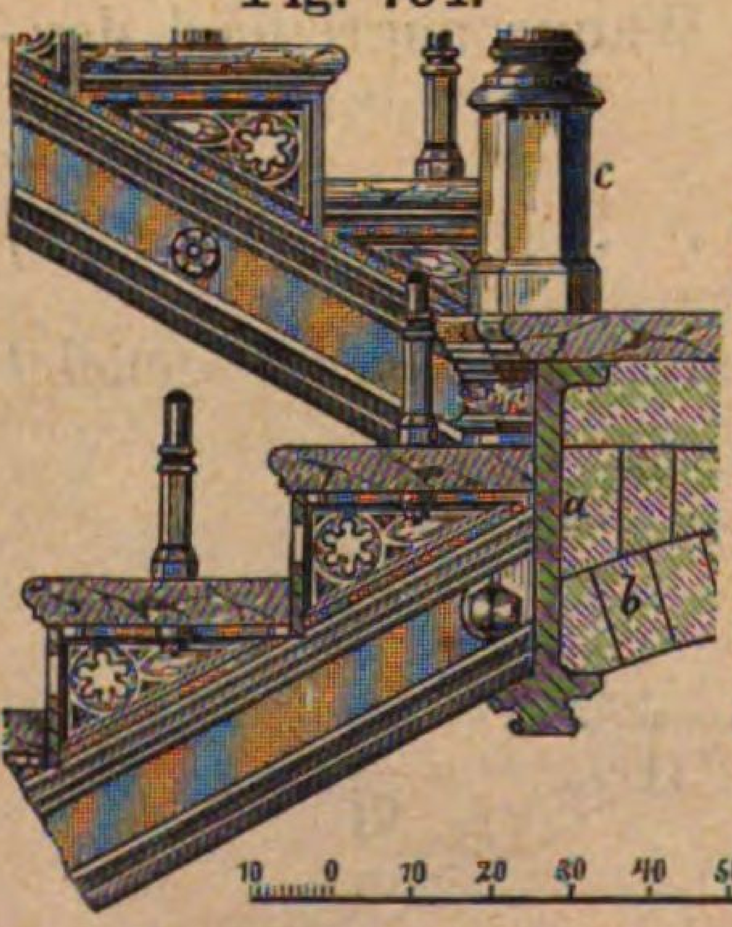
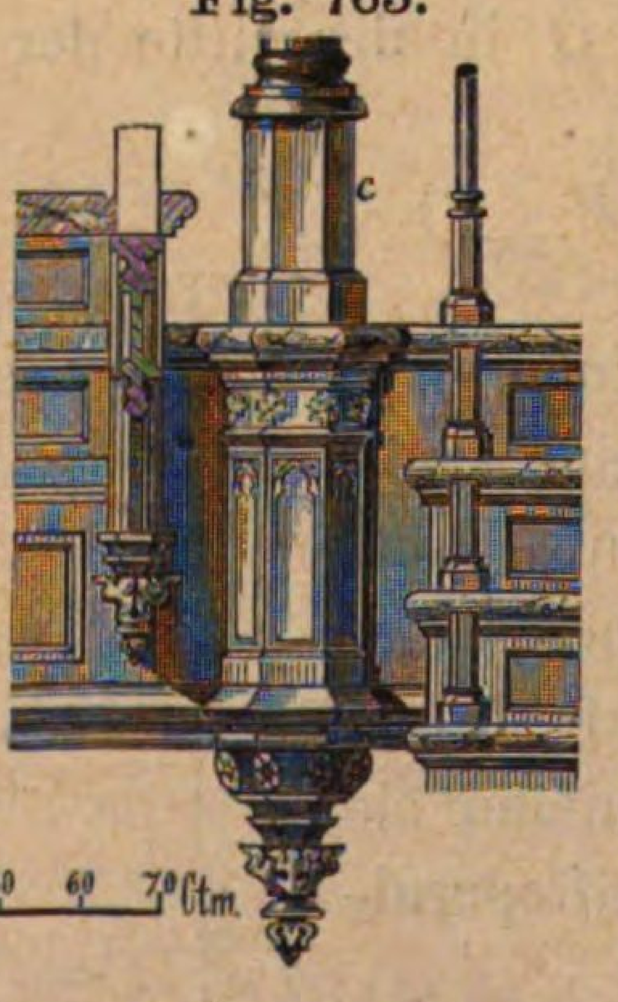


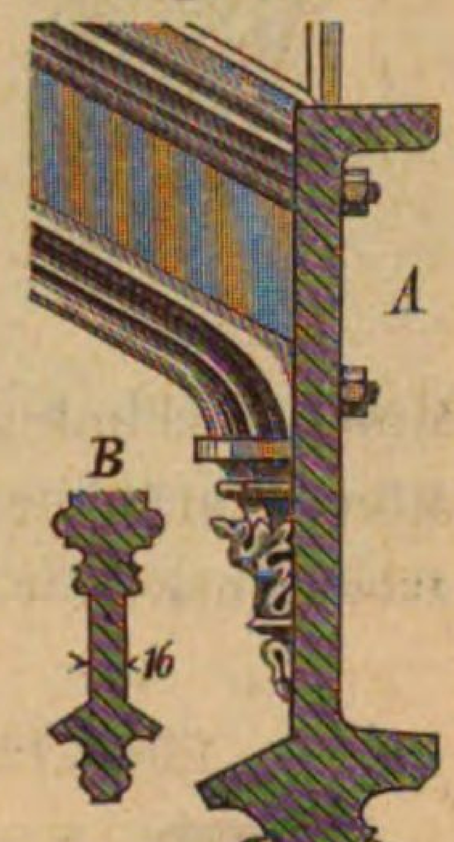
Fig. 765.



*) Das Gebäude ist in der Deutschen Bauzeitung 1872, S. 414, veröffentlicht.

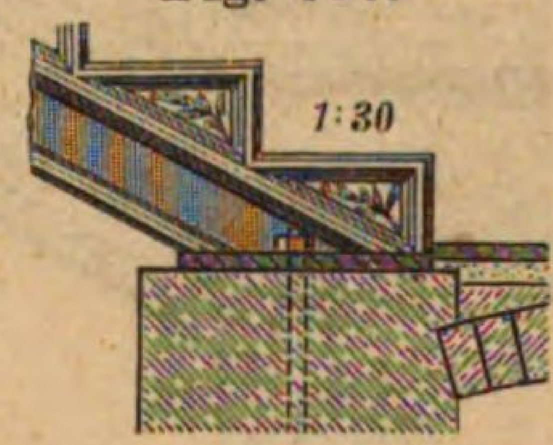
Zug in Anspruch genommene profilirte Flantsch ist aus den Seite 38 angegebenen Gründen wesentlich stärker construirt. Das Eigengewicht des Podestbalkens beträgt pro lfd. Meter ca. 167 Kilogr., dasjenige einer Wange ca. 19 Kilogr. pro Stufe, während der Podestpfosten *c* bei 1,15 Meter Höhe 64 Kilogr., eine Setzstufe bei 2,04 Meter Länge 20 Kilogr., eine gusseiserne Trittstufe bei derselben Länge 34 Kilogr. und das 84 Centim. hohe Geländer mit Füllung pro Stufe 13 Kilogr. wiegt.

Fig. 766.



Zwischen dem Podestbalken *a* und der Mauer ist eine Kappe *b* von $^1/_2$ Stein Stärke eingespannt, die mindestens $^1/_{12}$ Pfeilhöhe erhalten muss. Die unteren Wangen legen sich gegen den Podestbalken und werden mittelst Schrauben an diesem befestigt, ebenso die oberen Wangen, die sich noch auf angegossene Consolen stützen, wie es Fig. 766 zeigt; diese Figur giebt auch bei *B* den normalen Querschnitt der profilirten Wangen. Die Stufen haben 16,3 Centimeter Steigung und sind mit 5,2 Centim. starken Marmorplatten belegt. Die Herstellungskosten dieser Treppe pro Stufe belaufen sich bei doppelten Wangen und einseitigen Traillen auf 45 Mark, bei einfachen Wangen und einseitigen Traillen auf $37^1/_2$ Mark.

Fig. 767.



Wenn die unteren Wangen auf Mauerwerk aufstehen, so erhalten sie nach Fig. 767 genügend breite angegossene Fussplatten, die den Druck der Wange auf das Mauerwerk vertheilen, damit dasselbe pro □ Centim. nur mit 6 bis 7 Kilogr. belastet wird. Gewöhnlich werden diese Platten durch 2 Fundamentanker auf dem Mauerwerke befestigt.

Bei grossen Stockwerkhöhen, wo 2armig gebrochene Treppen nicht mehr ausreichen, indem die einzelnen Läufe bei mässiger Steigung mehr als 15 Stufen erhalten müssen, wodurch die Treppe unbequem zu ersteigen sein würde, wendet man **3armig gebrochene** Treppen an, wie eine solche in Fig. 768 im Grundrisse dargestellt ist; man erhält hierbei 2 Podeste zwischen je 2 Stockwerken. Diese Treppe ist 1,6 Meter breit und die Podeste sind mit Marmorplatten belegt.

Fig. 768.

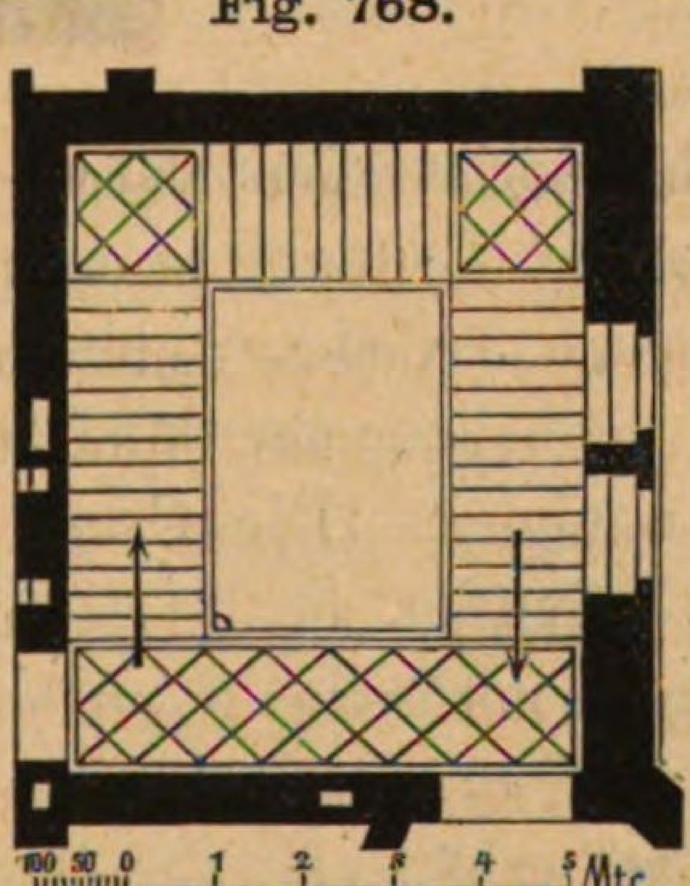
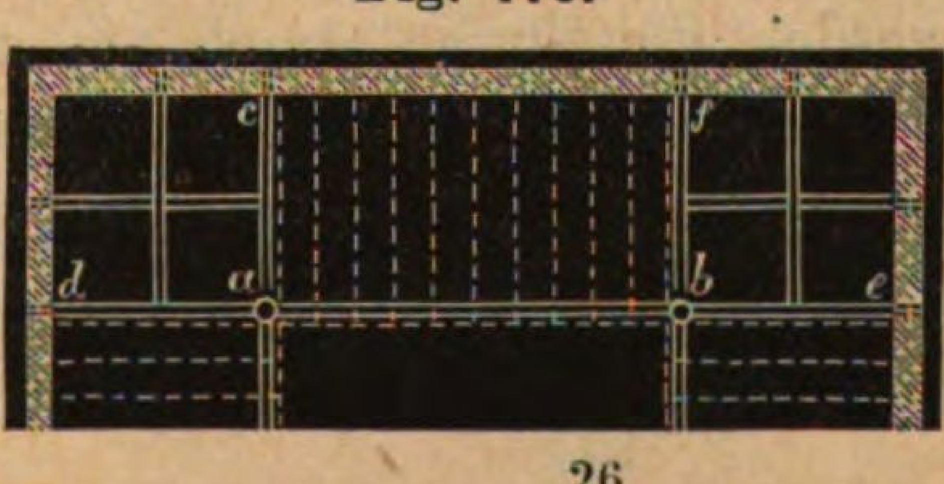


Fig. 769.



Eine ähnliche Treppe mit 2 Wangen in jedem Laufe ist von dem Bauinspector Herrn **Emmerich** für das Handelsministerium zu Berlin entworfen und von der **Wilhelmshütte** bei Seesen (Braunschweig) in Gusseisen ausgeführt worden. Dieselbe hat zwischen den Wangenmitten eine Breite von 1,69 Meter, sie ist mit Trittstufen aus grauem Marmor belegt und hat 17 Centim. Steigung. Den Normalquerschnitt der 15,7 Centim. hohen Wangen zeigt Fig. 769 in $^1/_5$ der wirkl. Grösse. In den Detailformen ist diese Treppe ausserordentlich schön durchgeführt, namentlich zeigt das Geländer lebhaft emporwachsende Ranken, deren Ausführung nicht minder meisterhaft ist als die Erfindung; die zierlichen Formen dieser Treppe sind so sauber hergestellt, dass sie als ein hervorragendes Meisterwerk der Eisengiesserei angesehen werden muss. Fig. 3, **Blatt 17** giebt die Ansicht des Geländers und einen Theil der Wange mit den Stufen.

Fig. 770.



Für 3armige Treppen werden in den Wendepunkten *a* und *b*, Fig. 770, zur Unterstützung der Wangen und Podeste gusseiserne Säulen erforderlich; diese erhalten oberhalb des Kapitäls einen Aufsatz *a* (Fig. 292, S. 146) von quadratischem Querschnitt, gegen welchen sich die Wangen lehnen und in den die Träger des Podestes mit

rechteckigen Zapfen eingreifen oder an dem dieselben in anderer Weise befestigt werden. Die beiden Kapitäle Fig. 291 und 292 sind von der in Rede stehenden Treppe entlehnt. In dem Grundrisse Fig. 770 ist *a b* die innere Wange des mittleren Laufes, *a c* und *a d* sind die Träger des unteren, *b e* und *b f* die des oberen Podestes. An diesen Hauptträgern, welche auch die äusseren Wangen der Treppenarme aufnehmen, sind noch zur weiteren Unterstützung der Podestplatte Zwischenträger angeschraubt, die sich kreuzen. Unter den Podestträgern sind mehr zu decorativen als zu constructiven Zwecken die in Fig. 771 skizzirten Consolen an dem Säulenaufsatze befestigt.

Fig. 771.



Reichen 3armige Treppen durch mehrere Stockwerke, so müssen die Säulen durch die Podeste hindurch geführt werden; man setzt sie dann gewöhnlich aus mehreren Längen zusammen, so dass die Zusammensetzung dicht unter oder über dem Podeste stattfindet; ein derartiger Fall ist in Fig. 772 angedeutet, wobei entweder der quadratische Kapitälaufsatz an der oberen oder an der unteren Säule angegossen, oder auch ganz separirt hergestellt sein kann. Im letzteren Falle würde man am zweckmässigsten die Säulen in runden Zapfen endigen lassen, die abgedreht und in das ausgedrehte quadratische Zwischenstück gut eingepasst werden, doch so, dass die Wandungen der Säulen und des Zwischensatzes mit geraden Flächen fest aufeinander zu stehen kommen.

Fig. 772.

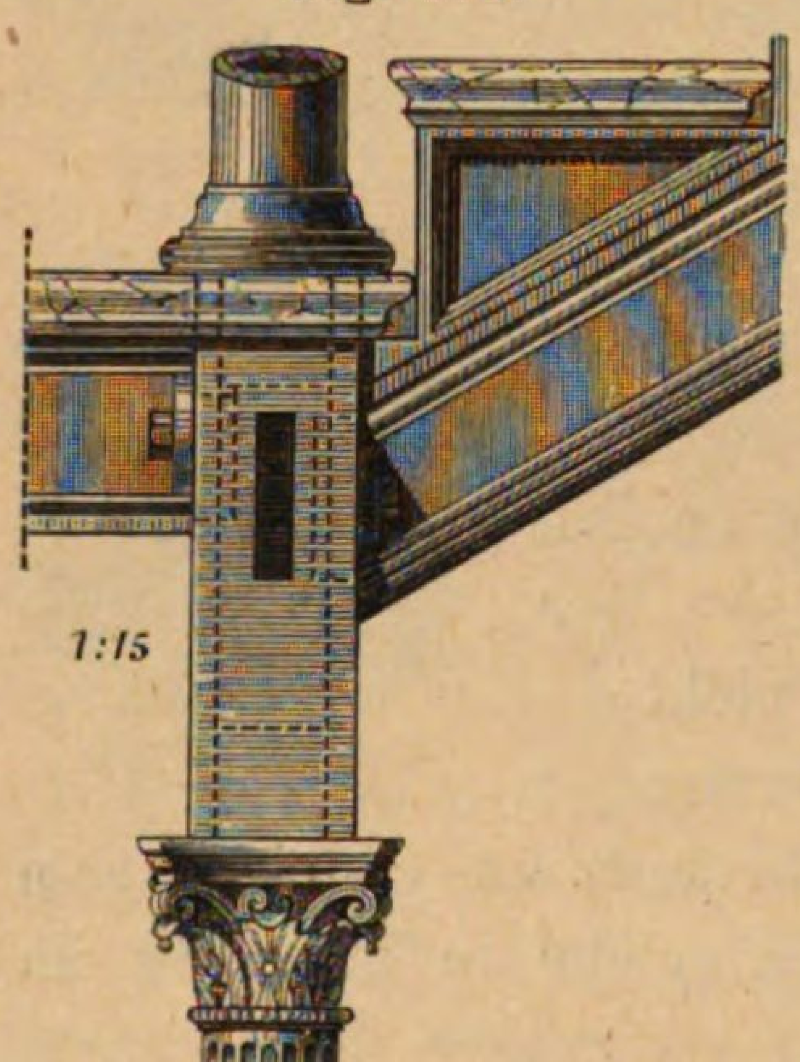
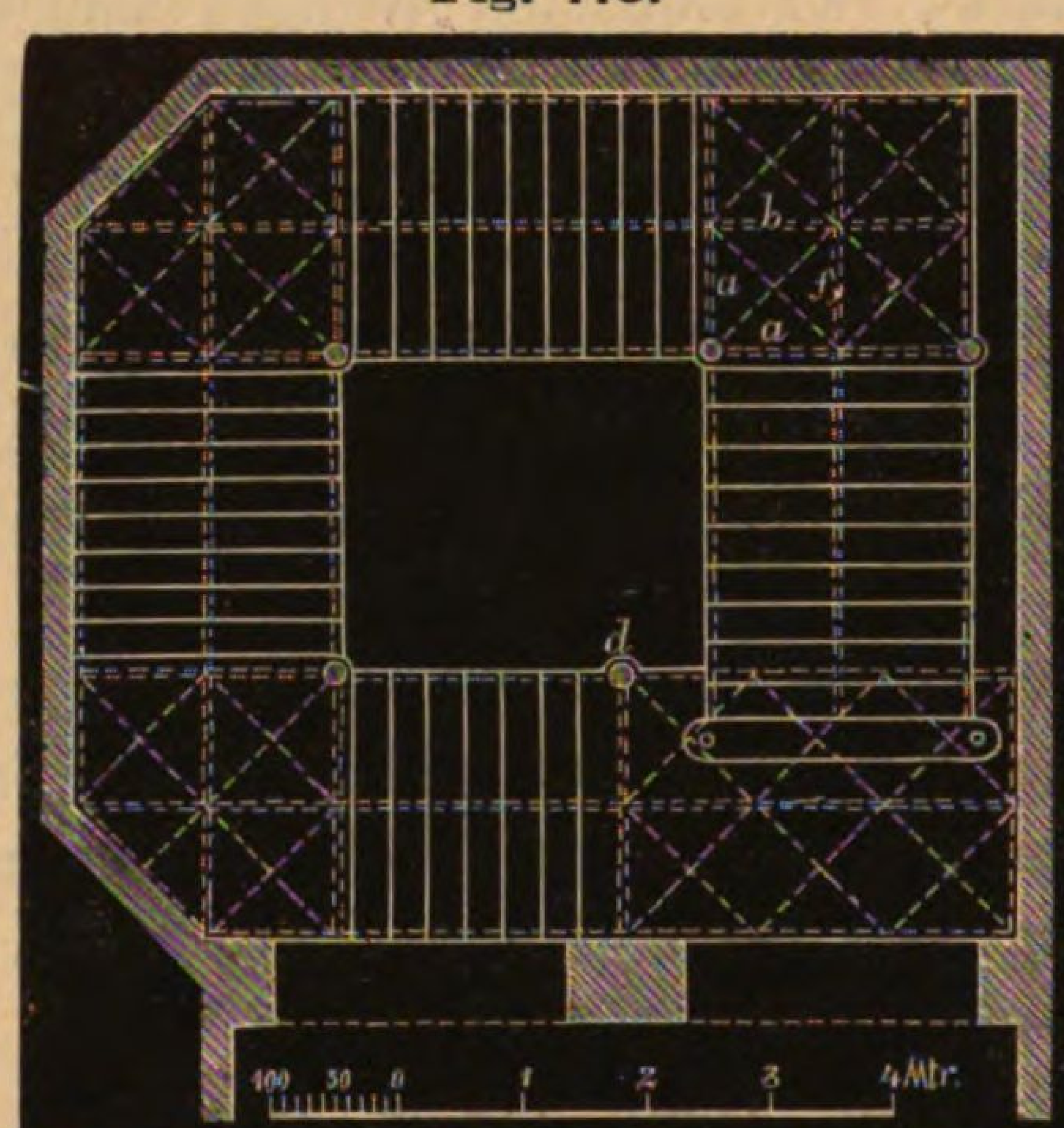


Fig. 773.



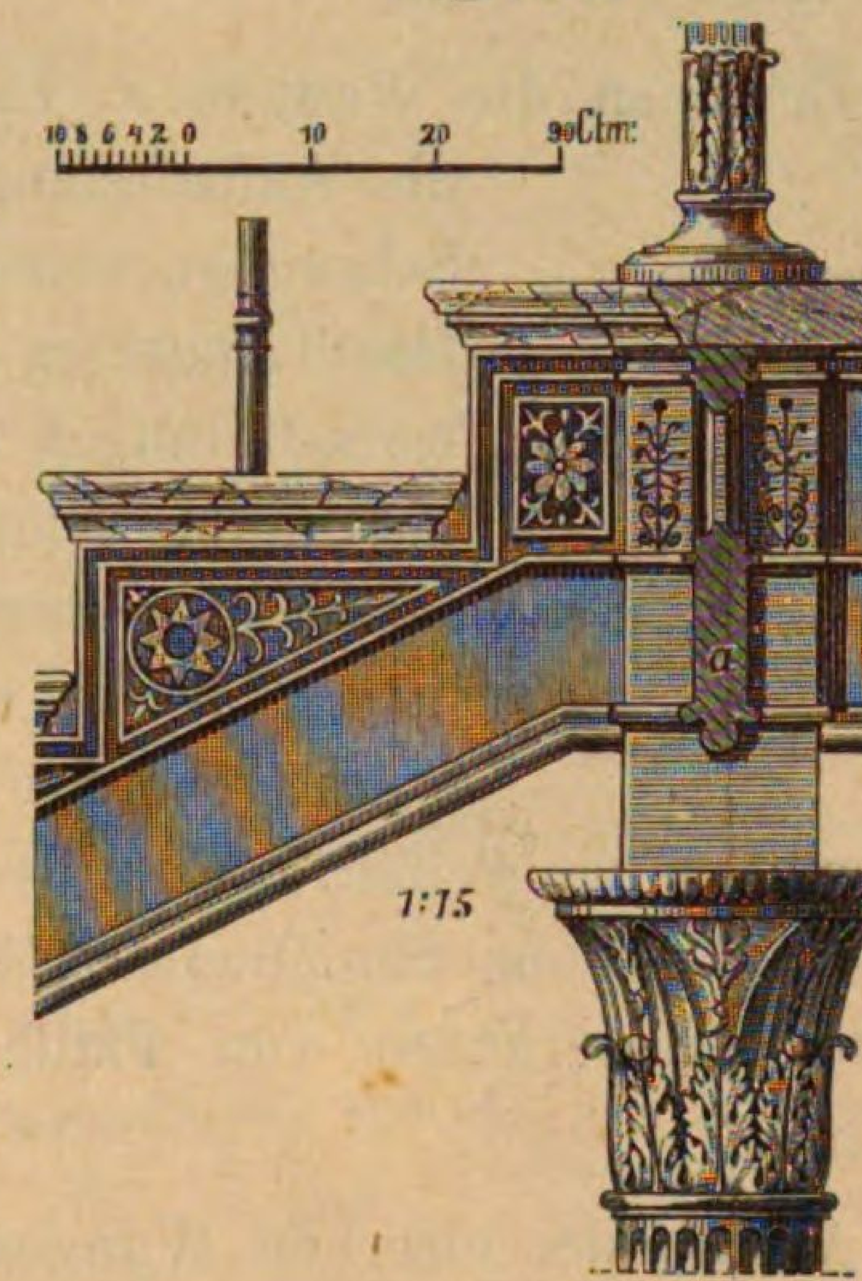
Der Grundriss einer **4armig gebrochenen** Treppe, von **Schinkel** für das Palais des Prinzen **Karl** zu Berlin*) entworfen, ist in Fig. 773 dargestellt. Hierbei werden zwischen 2 Stockwerken 3 Podeste gebildet, wodurch die Treppe sehr bequem zu ersteigen ist; sie wird aber noch bequemer dadurch, dass die Zahl der Stufen in den einzelnen Läufen nach oben hin abnimmt. Die Breite der Treppenläufe beträgt 2,12 Meter, die Steigung der Stufen 15,7 Centim. bei 31,4 Centim. Auftritt. Ausser den beiden Seitenwangen ist bei dieser Treppe noch eine 3. mittlere Wange für alle Läufe angewendet, was aus statischen Gründen nicht zweckmässig erscheint, indem die mittlere Wange (vergl. S. 47) eine viel grössere Last erhält, als die Seitenwangen; es sind aber auch für die breitesten Treppen 2 Wangen völlig ausreichend, weil die Setzstufen, von den Wangen an den Enden unterstützt, die eigentlichen Träger der Trittstufen bilden und das Brechen der letzteren verhindern.

Die Trittstufen bestehen aus 5,2 Centim. starken Marmorplatten, ebenso auch der Podestbelag. Zur Befestigung der aus Mahagoniholz hergestellten Handleiste des Geländers sind auf der unteren Stufe und auf den Podesten gusseiserne Säulchen von 6 Centim. Durchmesser aufgestellt, auf deren Kapitäl die Handleiste aufgeschraubt ist. Die Traillen bestehen aus Rundeisen; auf jeder Stufenmitte steht eine derselben und werden die Stufen durch sie zugleich auf den gusseisernen Aufsattelungen der Wangen befestigt; auf den Rundeisenstäben sind polirte Messingröhren von ca. 2 Centim. Durchmesser aufgezogen, welche nur oben und unten durch ein paar Stäbchen verziert sind.

*) Veröffentlicht im Notizblatt des Architektenvereins zu Berlin 1834. Blatt 5 u. 6.

Die äusseren Wangen sowohl wie die Podestträger *a*, Fig. 773, greifen mit rechteckigen Zapfen in entsprechende Oeffnungen der quadratischen Säulenaufsätze ein, wie dies der Querschnitt Fig. 774 zeigt. Im untern Theil haben die Podestträger *a* dieselbe Querschnittform wie die Wangen, im oberen Theil sind sie durchbrochen mit Rosetten verziert gegossen. In diese Podestträger greifen die mittleren Wangen mittelst Zapfen ein, sie sind aber noch ausserdem mit denselben durch 4 angeschraubte Winkel fest verbunden. Unter jedem Podest kreuzen sich 2 Träger *b* und *f*, Fig. 773, die denselben Querschnitt haben', den der Träger *a*, Fig. 774, zeigt; sie theilen jedes Podest in 4 quadratische Felder und hat jedes Feld wieder 2 diagonal liegende sich kreuzende Zwischenträger erhalten; diese letzteren haben 4 Centim. Breite und 8 Centim. Höhe. Den Kreuzpunkt der beiden Hauptträger giebt Fig. 775, woraus ersichtlich ist, dass die Schraubenköpfe und Muttern durch Rosetten verdeckt sind. Auf den Trägern liegen die grossen Podestplatten in einer dünnen Kittunterlage eingebettet, damit sie nirgend hohl liegen und etwa brechen könnten.

Fig. 774.



Den Querschnitt der Setzstufen zeigt Fig. 776 *A*, während ein Horizontalschnitt durch dieselben bei *B* gezeichnet ist, woraus hervorgeht, dass die Setzstufen vor die Stirn der Wangenaufsattelungen vorgeschraubt und die Schraubenköpfe durch kleine Rosetten verdeckt wurden. Die Marmortrittstufen liegen mit ihrer vorderen Kante auf den Setzstufen, wogegen deren hintere Seite in einen Falz der Setzstufen eingreift und somit in ihrer ganzen Länge unterstützt ist. Gewöhnlich lässt man, um Material zu ersparen, die untere Leiste des Falzes nicht in der ganzen Länge der Setzstufen durchlaufen, sondern führt sie nur in 3 bis 4 kurzen Enden aus, die dann als Stützpunkte für die hinteren Enden der Trittstufen dienen.

Fig. 775.

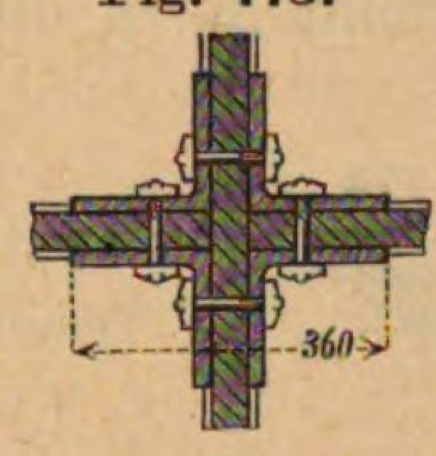
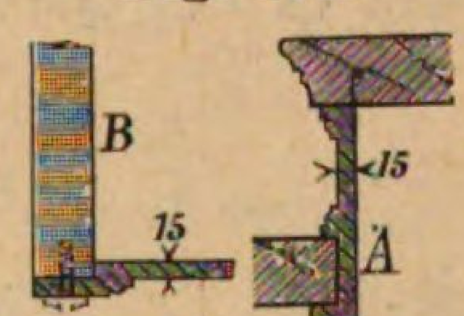


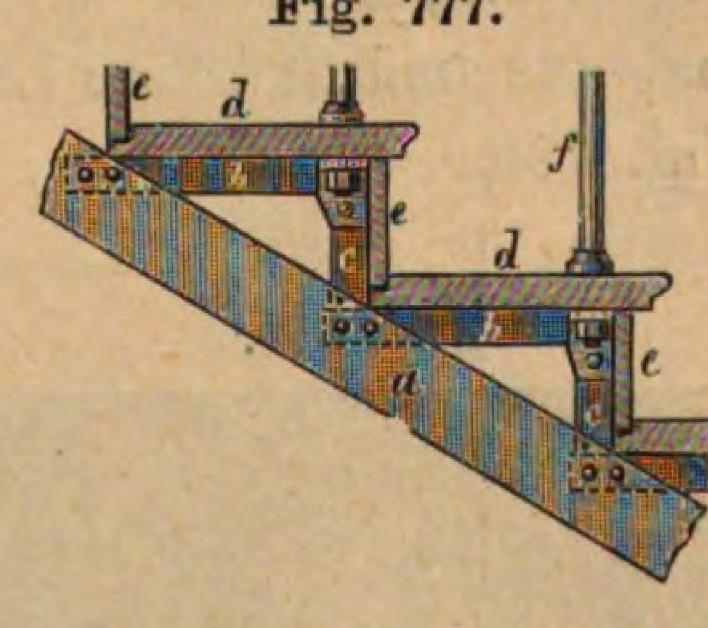
Fig. 776.



Die mit *d* bezeichnete Säule, Fig. 773, wurde als Candelaber ausgebildet, das Detail derselben zeigt Fig. 286 (S. 145).

Schmiedeeiserne Wangen werden aus Flacheisen oder aus **[**- und **I**-Eisen construirt. Eine Treppenconstruction mit Wangen aus 10 × 1,3 Centim. starkem Flacheisen*) ist in Fig. 777 angedeutet. Die Läufe derselben haben etwa 1,25 Meter Breite und beträgt die Steigung 17,5, der Auftritt 23,6 Centim., oder mit dem Vorsprung der Stufen ergiebt sich 29 Centim. Auftrittbreite. Als Trittstufen *d* sind 4 Centim. starke Schieferplatten verwendet, die sich auf die aus 2 stumpf gegeneinander stossenden Flacheisen *b* und *c* gebildeten Aufsattelungen stützen und darauf durch die Geländerstäbe *f* befestigt werden. Die beiden Flacheisen *b* und *c* sind durch eine Winkellasche miteinander verbunden und an die Wange *a* angenietet. Schieferplatten *e* von 1,3 Centim. Stärke dienen als Setzstufen, diese legen sich in einem 1,6 Centimeter tiefen Falz der unteren Trittstufen.

Fig. 777.



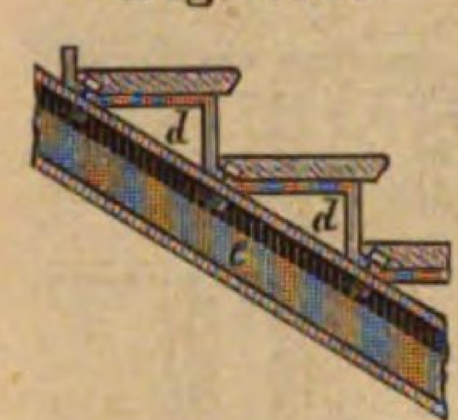
Der Podestbalken besteht aus demselben Flacheisen, woraus die Wangen gebildet sind; die letzteren wurden an dem Podestbalken mit Winkellaschen angenietet und wird die Podestplatte, aus Schiefer, von 2 sich kreuzenden Trägern aus Winkeleisen unterstützt.

*) Von Herrn **Becker** mitgetheilt in Romberg's Zeitschrift für Bauwesen 1855.

Die ganze Treppe hat 50 Stufen und 5 Podeste von je 2,5 Meter Länge und 1,57 Meter Breite. Das sämmtliche Eisenwerk an derselben wiegt 841 Kilogr. à 0,8 Mark, machte einen Betrag von 672,8 Mark für die Eisenarbeiten, oder pro Stufe 13,14 Mark. Die 4 Centim. starken Schieferplatten kosteten pro □Meter 23 Mark, die 1,3 Centim. starken Setzstufen 10 Mark.

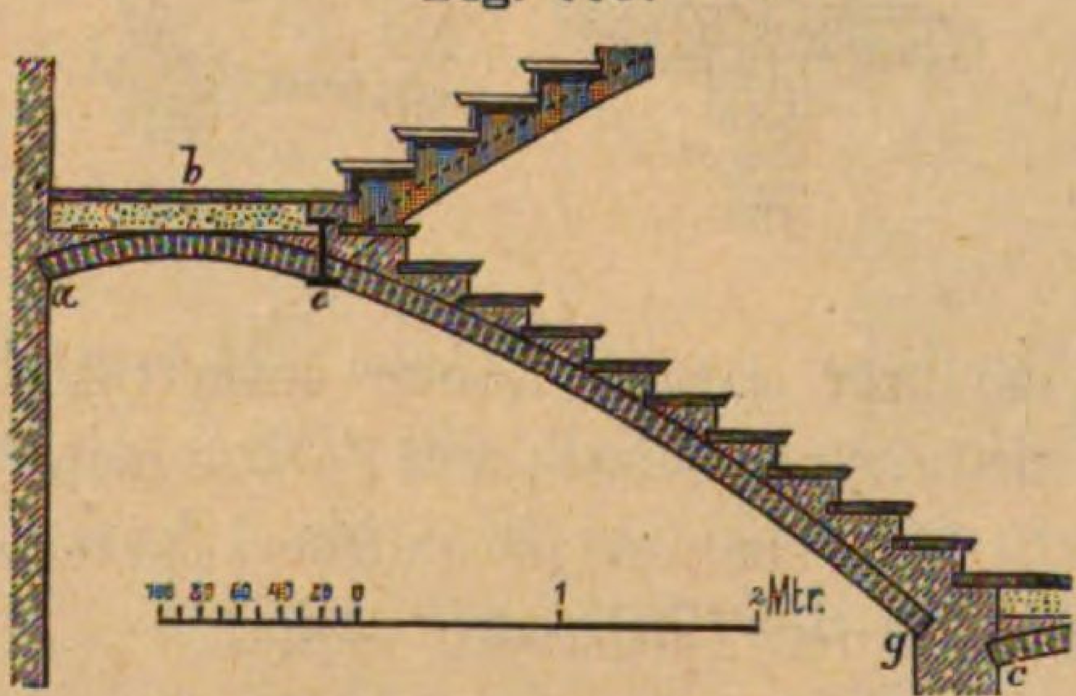
Bestehen die Wangen *e*, Fig. 778, aus gewalzten ⊏- oder I-Eisen, so kann man die Aufsattelungen *d* einzeln aus Flacheisen gebogen herstellen und mit Schraubenbolzen auf der oberen Flantsche der Wangen festschrauben. Die Trittstufen können in diesem Falle durch die Geländerstäbe auf den Aufsattelungen *d* befestigt werden, während man die Setzstufen, wenn überhaupt solche angewendet werden sollen, vor die Stirn der Aufsattelungen vorschraubt. Volle Steinstufen, nach Fig. 758, kann man in der Weise auf den Wangen befestigen, dass man Rundeisenzapfen in die obere Flantsche einschraubt, die in entsprechende Löcher der Steinstufen eingreifen. Eine derartig construirte 4armig gebrochene Treppe durch 4 Stockwerke ohne Säulenunterstützung ist im Jahre 1867 von dem Architekten **Vandernüll** in dem Lagerhause von **Philipp Haas & Söhne** am Stephans-Platze zu Wien ausgeführt.

Fig. 778.



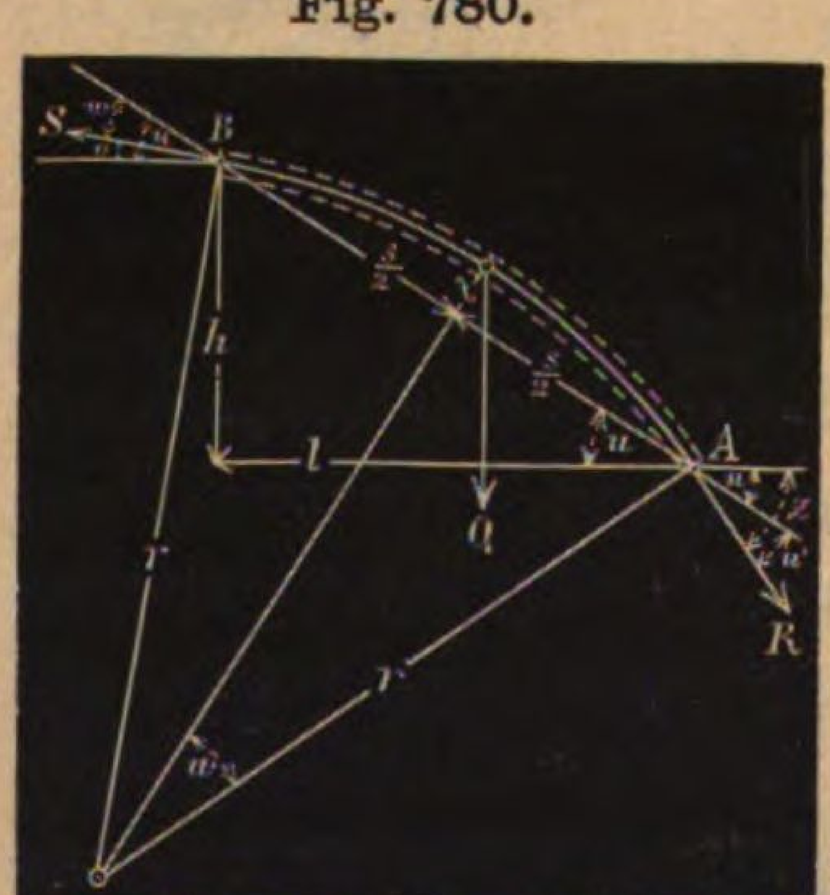
Anstatt der eisernen Wangen werden auch oft aus Ziegeln gemauerte $^1/_2$ Stein starke steigende Bogen zur Unterstützung der Stufen für Treppen angewendet, in der Weise, wie es der Querschnitt durch die 2armig gebrochene Treppe, Fig. 779, zeigt. Der Podestträger *e* dient hier als Widerlager, sowohl für die beiden steigenden Gewölbe der Treppenarme wie auch für die Podestkappe. Bei *g* kann als Widerlager für das steigende Gewölbe ebenfalls ein I-Träger angebracht werden, es kann hier aber auch eine feste Mauer oder ein Gurtbogen den Schub des Gewölbes aufnehmen. Die Belastung des Podestträgers *e* setzt sich zusammen aus der halben permanenten und zufälligen Last des Podestes *b* und aus der ganzen permanenten und zufälligen Last des oberen Treppenlaufes. Der Horizontalschub der beiden Treppenläufe wird durch die Podestkappe auf die Aussenmauer übertragen, wenn der Träger *e* nicht genügende Seitensteifigkeit hat, die Mauer muss dann hinreichend stark sein, um den Horizontalschub aufnehmen zu können ohne auszuweichen.

Fig. 779.



Durch nachstehende Rechnung lässt sich der Horizontal- und Verticalschub der beiden Treppenläufe leicht ermitteln, wenn man vorher die vertical abwärts wirkende permanente und zufällige Last Q eines Treppenlaufes bestimmt hat. Es bezeichne noch nach Fig. 780:

Fig. 780.



R den Gewölbeschub im Punkte A,
S den Gewölbeschub im Punkte B,
l und h die Länge und Höhe des steigenden Gewölbes,
r den mittleren Krümmungsradius,
s die Länge der Sehne zwischen den Punkten A und B,
f die Pfeilhöhe des steigenden Gewölbes (mindestens $^1/_{12}\ s$),
v und z die spitzen Winkel, welche die Schubkräfte R und S mit der Horizontalen bilden,
u den Winkel, den die Sehne $A\ B$ mit der Horizontalen bildet und
w den Winkel, welchen die Sehne $A\ B$ mit der Richtung der Schubkräfte R und S bildet.

Aus Fig. 780 ergiebt sich:

$$v = u - w, \text{ und } z = u + w \quad \ldots\ldots\ldots \quad (280)$$

und für den Winkel u die Gleichung:

$$\frac{h}{l} = tg\, u \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (281)$$

Nach dem Lehrsatze des **Pythagoras** ist die Sehnenlänge:

$$s^2 = l^2 + h^2, \text{ oder } s = \sqrt{l^2 + h^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (282)$$

Nach demselben Satze ist ferner:

$$r^2 = \left(\frac{s}{2}\right)^2 + (r - f)^2, \text{ oder } f\,(2\,r - f) = \frac{s^2}{4}, \text{ und hieraus:}$$

$$r = \frac{s^2}{8f} + \frac{f}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (283)$$

Zur Bestimmung des Winkels w hat man dann nach Fig. 780 die Gleichung:

$$\frac{s/_2}{r} = \frac{s}{2\,r} = sin\, w \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (284)$$

Damit nun der Treppenlauf durch die Kräfte R, S und Q im Gleichgewicht erhalten wird, muss sein:

$$S \cdot cos\, v = R \cdot cos\, z, \text{ und } S \cdot sin\, v + Q = R \cdot sin\, z \quad \ldots\ldots \quad (285)$$

Da nun $\frac{sin\, v}{cos\, v} = tg\, v$ ist, so ergeben diese beiden Gleichungen für den Punkt A den Horizontalschub:

$$R \cdot cos\, z = - \frac{Q}{tg\, v - tg\, z} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (286)$$

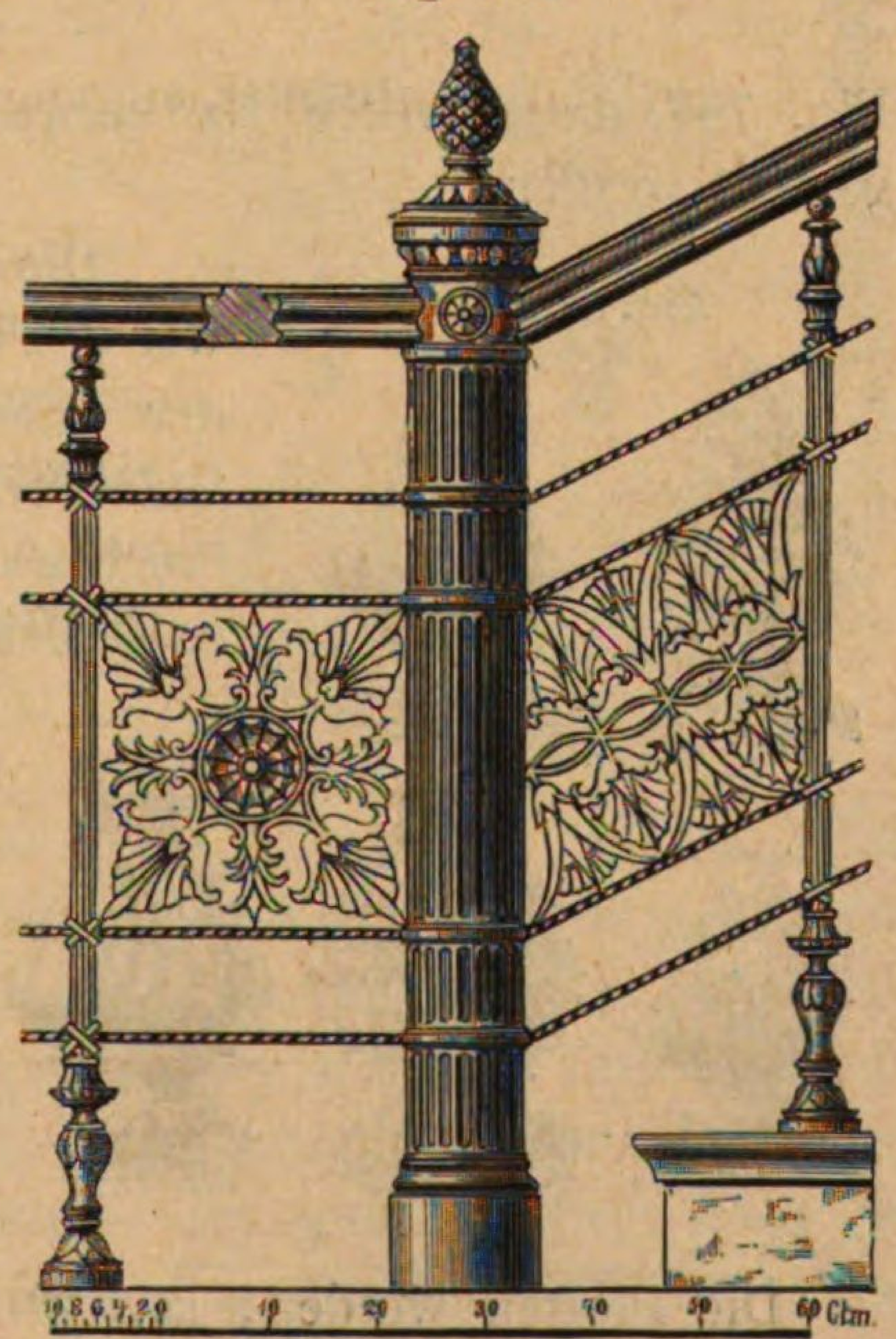
und den Verticaldruck:

$$R \cdot sin\, z = - Q \frac{tg\, z}{tg\, v - tg\, z} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (287)$$

Die Winkel v und z sind aus (280), (281) und (284) zu bestimmen. Setzt man die Werthe aus Formel (286) und (287) in (285) ein, so ergeben sich auch die Schubkräfte für den Punkt B, Fig. 780.

Als **feuersicher** dürften ausser den massiven Steintreppen auch alle eisernen Treppen angesehen werden können, die nicht mit Stufen aus Holz belegt sind, da in den Treppenhäusern keine solche Mengen von brennbaren Stoffen angehäuft werden, wodurch etwa die tragenden Theile der eisernen Treppen zum Glühen gebracht werden könnten; das Gusseisen bricht aber erst leicht in der Rothglühhitze, während dann das Walzeisen sich biegt und dadurch den Einsturz veranlasst. Gusseiserne Trittstufen, namentlich durchbrochene, sind indess für grössere Treppen nicht zu empfehlen, weil diese bei Feuersgefahr wegen der durch die Oeffnungen hindurchschlagenden Flammen und der schnellen Erhitzung schwer zu passiren sind. **Absolute** Feuersicherheit gewähren auch die meisten Steintreppen nicht, indem die Sand- und Kalksteine in der Hitze zerspringen.

Fig. 781.



Zur Seiteneinfassung der Treppenläufe werden gewöhnlich Traillen-Geländer angewendet, welche oben als sichern Anhalt für die Hand eine profilirte hölzerne Handleiste haben; ein solches Geländer, von den Architekten Herren **Gropius** und **Schmieden** entworfen, zeigt Fig. 781. Auf der untersten Stufe und auf den Podesten der Treppe werden gewöhnlich stärkere Pfosten, Docken oder Spindeln von etwa 10 Centim. Durchmesser aus Holz, Eisen- oder Zinkguss aufgestellt, woran die Handleisten befestigt werden. Jede Stufe erhält dann am besten **einen** Geländerstab, »Traille«, der unten in der Stufe und oben in der Handleiste befestigt wird. Hierdurch entstehen aber zu weite freie

Oeffnungen in dem Geländer, die unschön aussehen und auch für Kinder gefährlich werden, indem dieselben hindurch kriechen und von der Treppe hinunter fallen können. Aus diesem Grunde füllt man die Oeffnungen zwischen den Geländerstäben durch Ranken, wie dies in sehr lebendiger Weise bei dem Geländer Fig. 3, **Blatt 17** geschehen ist, oder man bringt, wie in Fig. 781, dünnere Stäbchen aus Zinkguss etc. zwischen den Geländerstäben an, welche meistens in Form von stramm angespannten Schnüren durch Kreuzbänder an den Geländerstäben befestigt und mit dem Treppenlaufe aufsteigend zur Erscheinung gebracht werden; zwischen diesen Schnüren befestigt man dann oft noch durchbrochene Füllungen aus Zinkguss.

Die Treppenpfosten oder Spindeln dienen in vielen Fällen auch als Candelaber zur Beleuchtung des Treppenhauses, sie werden dann etwa in der Weise ausgebildet, wie dies Fig. 2 und 8, **Blatt 2** zeigt. Meistens haben derartige Geländerpfosten jedoch eine freie Endigung, die oft sehr schön ausgebildet ist. Eine solche Endigung, für das Gitter des Denkmals Friedrichs des Grossen zu Berlin von dem ausgezeichneten Meister im Ornament Herrn Ober-Hofbaurath Prof. **Strack** entworfen, giebt Fig. 782; eine andere sehr zierliche von Meister **Schinkel** entworfene Pfostenendigung zeigt Fig. 783. Die Endigung Fig. 784 ist für die Treppe im Handelsministerium zu Berlin (S. 393) vom Herrn Bauinsp. **Emmerich** ausgeführt. Den Pfosten Fig. 785 liefert die Zinkgiesserei **Schäfer** und **Hauschner** in Berlin, während die in

Fig. 782.

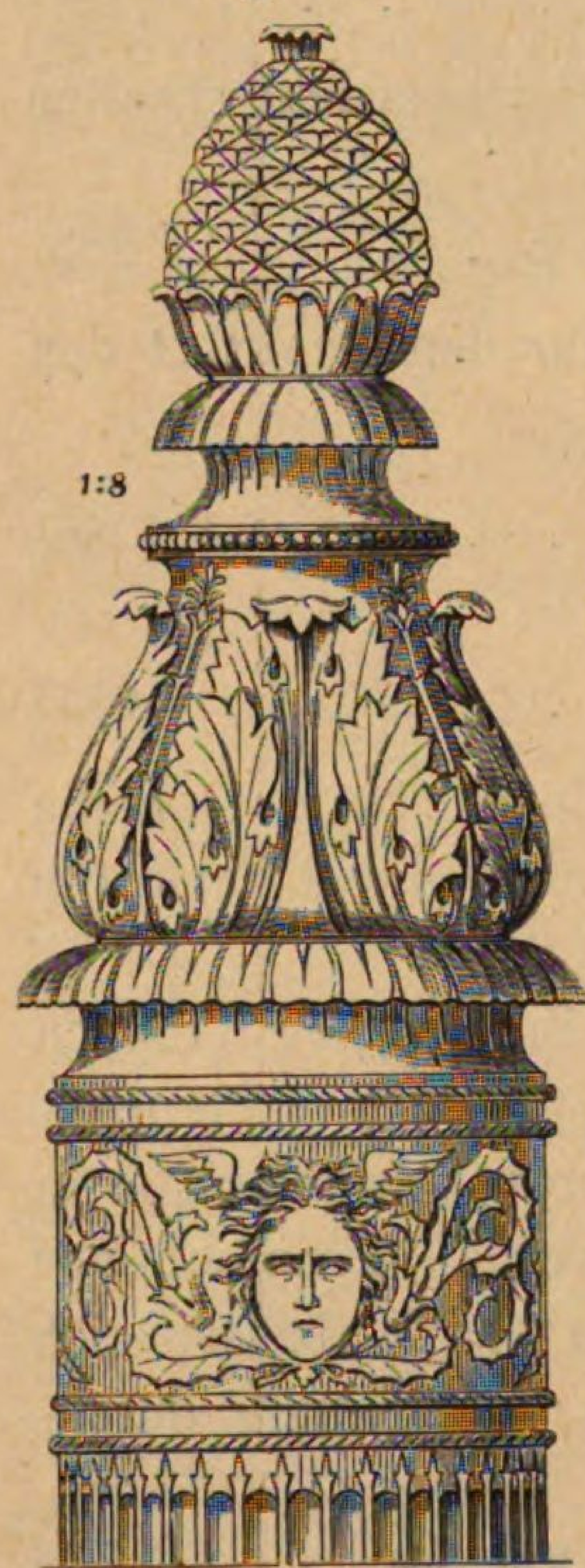


Fig. 783. Fig. 784. Fig. 785.

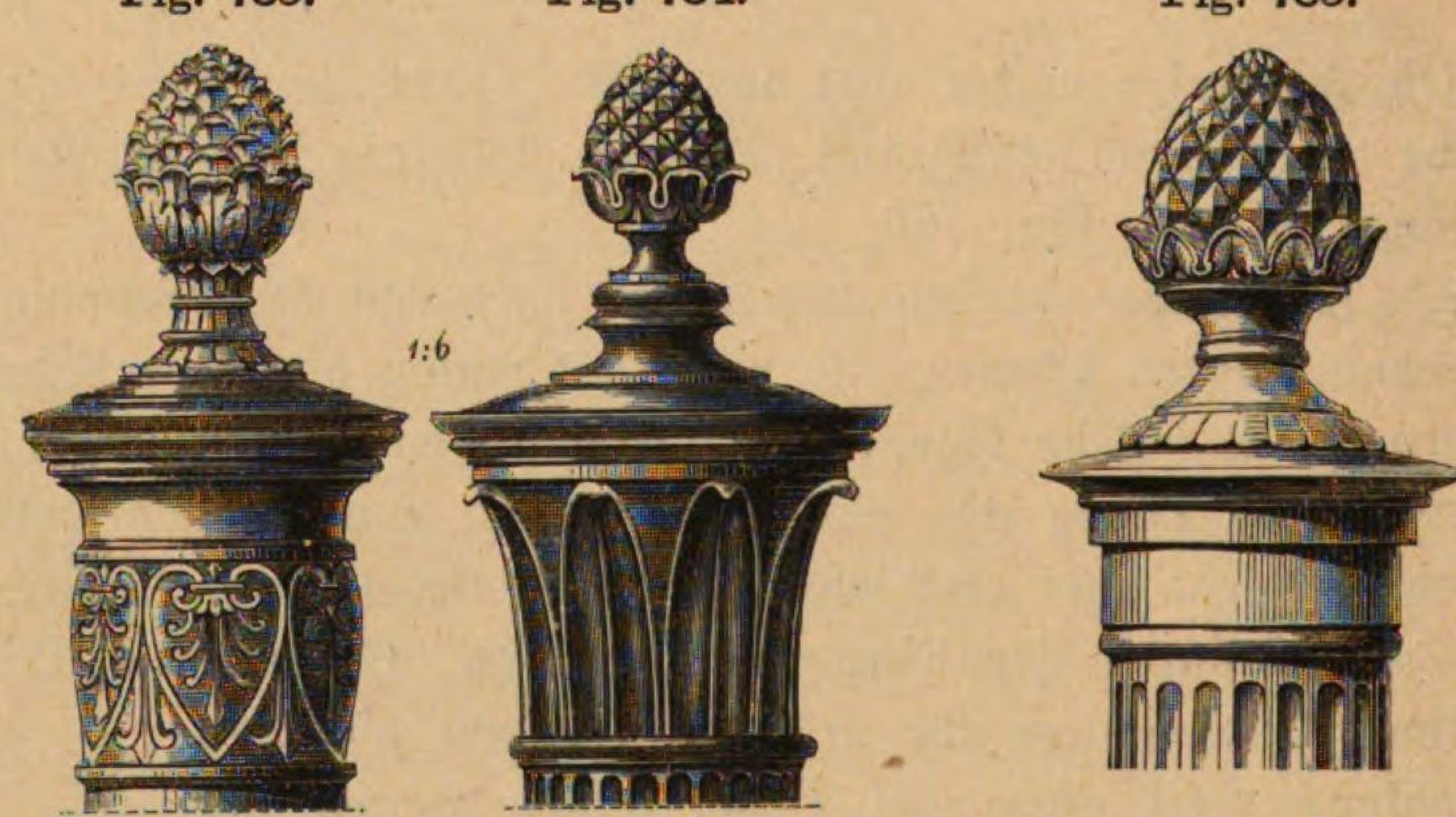


Fig. 786 dargestellten Endigungen von **F. Kahle und Sohn** in Potsdam aus Zink hergestellt werden.

Fig. 786.



Die hölzernen Handleisten oder Handläufe befestigt man, wie in Fig. 781 angegeben, an den Pfosten; hierdurch wird aber der Handlauf unterbrochen; bequemer wird der Gebrauch des Geländers wenn man dasselbe an der ganzen Treppe ununterbrochen durchführt; man muss dann die Pfosten neben der Wange aufstellen und den Handlauf durch einen Bolzen seitlich an dem Pfosten befestigen; diese Pfostenaufstellung ist aber nicht immer ohne Umstände möglich, man lässt daher meistens die Handläufe gegen den Pfosten stumpf gegenstossen. Bei gewundenen Treppen werden in der Regel nur auf der untersten und obersten Stufe, oder auch nur auf der untersten Stufe Pfosten aufgestellt; sind durchgehende Säulen bei Treppen vorhanden, so dienen diese auch zugleich als Pfosten für den Handlauf.

Die Pfosten werden, sowohl aus Gusseisen wie aus Zink, meistens hohl gegossen,

dann wird die obere Endigung separat hergestellt und auf dem Pfosten befestigt. Die Befestigung des Pfostens auf dem Podeste oder auf der Stufe kann in verschiedener Weise bewirkt werden, entweder kann man dem Pfosten unten einen Flantsch geben, wie in Fig. 774, und mit kleinen Schrauben auf der Podestplatte oder auf dem Podestbalken aufschrauben, oder man kann in der Mitte des Pfostens einen stärkeren Bolzen einschrauben oder mittelst Querkeil darin befestigen, der dann am unteren Ende eine Schraubenmutter erhält, wie in Fig. 787. In derselben Weise befestigt man auch die Geländerstäbe auf den Stufen. Werden nach Fig. 787 gusseiserne Trittstufen angewendet, so kann man den Geländerstab unten durch einen Bundring *a* verstärken und durch einen eingeschraubten mit einer Mutter versehenen Bolzen auf der Trittstufe festschrauben. Noch einfacher ist die Befestigungsweise bei *A*, Fig. 788, wo in den Stufenaufsattelungen Gewinde eingeschnitten ist und der Geländerstab zugleich zur Befestigung der Trittstufe dient. In Fig. 788 *B* ist die Trittstufe aus Marmor ebenfalls durch den Geländerstab auf der Wangenaufsattelung befestigt; hier ist an der letzteren ein Ohr *n* angegossen, durch welches der Zapfen des Geländerstabes hindurchgreift, derselbe ist unten mit einer Mutter versehen, wodurch der Stab fest angezogen werden kann.

Fig. 787.

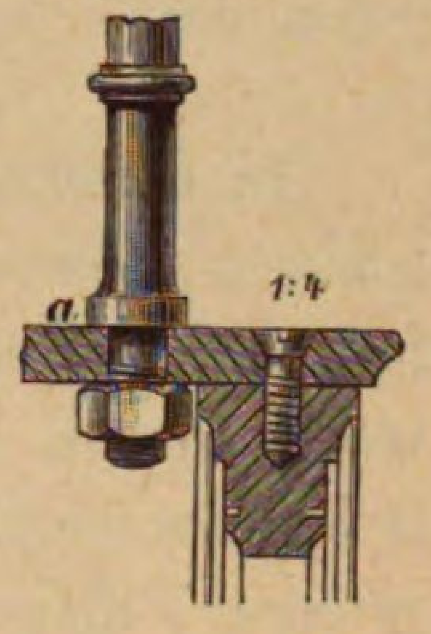
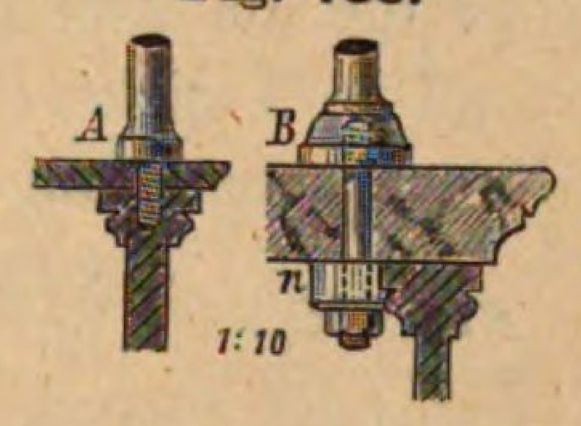


Fig. 788.



Wenn die Geländerstäbe **auf** den Stufen stehen, geht immer ein Theil der Treppenbreite für die Benutzung verloren; aus diesem Grunde werden die Stäbe oft **seitlich** an den Stufen befestigt. Ein solcher Fall ist in Fig. 789 dargestellt; der Geländerstab ist hier nach unten bogenförmig verlängert und seitlich an der Stufenaufsattelung mittelst eines durchgehenden Bolzens und Mutter festgeschraubt, während aus dem obern Blattkelche ein Thierfuss vortritt, der auf der Stufe befestigt wird. Besteht die Trittstufe aus Holz, so kann der Fuss mit einem kleinen Zapfen in die Stufe eingreifen und ausserdem noch mit einer Holzschraube befestigt werden; besteht die Stufe aber aus Stein, so genügt der Zapfen allein zur Befestigung, wenn derselbe unten etwas breiter gemacht und mit Gyps, Cement oder mit dem auf Seite 366 erwähnten Kitte eingesetzt wird; durch seine 2 Befestigungspunkte erhält ein solcher Geländerstab bedeutende Steifigkeit.

Fig. 789.

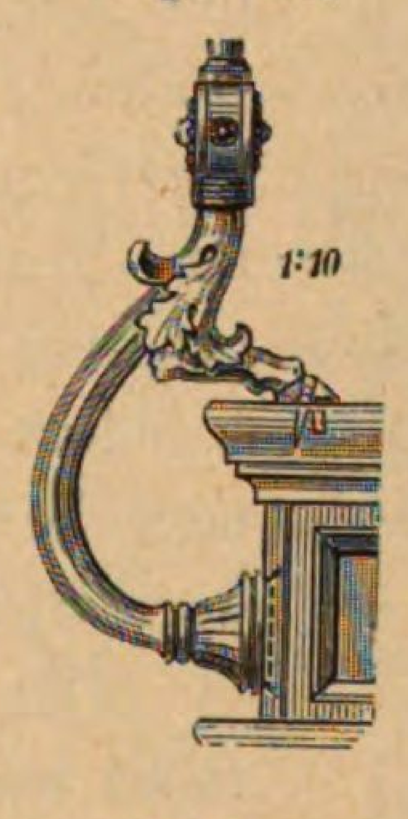
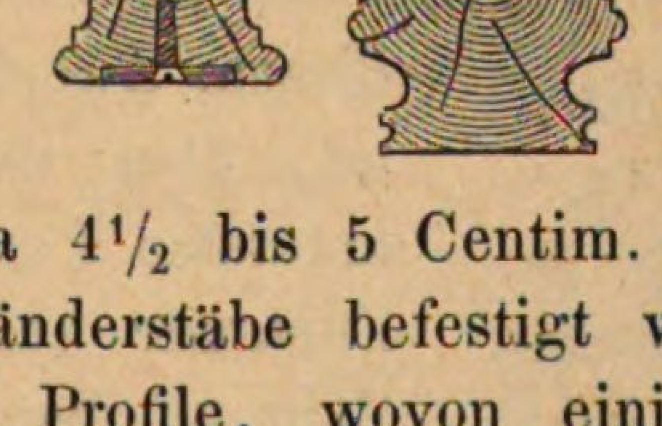


Fig. 790.



In Bezug auf die architektonische Ausbildung ist bei den Geländerstäben der Character des Aufstrebens oder Emporwachsens zum Ausdruck zu bringen, wie dies in sehr lebhafter Weise das in Fig. 3, **Blatt 17** dargestellte Geländer veranschaulicht. Der von Herrn Baurath **Cremer** entworfene Geländerstab, Fig. 790, bringt diesen Character in etwas anderer Weise ebenfalls klar zur Erscheinung; ebenso auch der Stab in Fig. 781.

Fig. 791.



Die Handleisten oder Handläufe der Treppengeländer werden gewöhnlich aus härteren Holzarten, Mahagoni, Eichen etc., hergestellt und polirt, damit sie recht glatt sind. Ihre einfachste Querschnittform ist ein $^3/_4$ Kreis von etwa $4^1/_2$ bis 5 Centim. Durchmesser mit einer unteren geraden Fläche, woran die Geländerstäbe befestigt werden; häufig zeigen die Handläufe auch sehr reich gegliederte Profile, wovon einige der gebräuchlichsten in Fig. 791 in $^1/_4$ der wirkl. Gr. dargestellt sind. Zur Verbindung der Handläufe mit den Geländerstäben verwendet man in der Regel 4 Centim. breite und 5 Millim. starke Flacheisen, die unten in dem Handlaufe der ganzen Länge nach eingelassen werden. In das obere Ende der Geländerstäbe wird nämlich ein Rundeisenstift

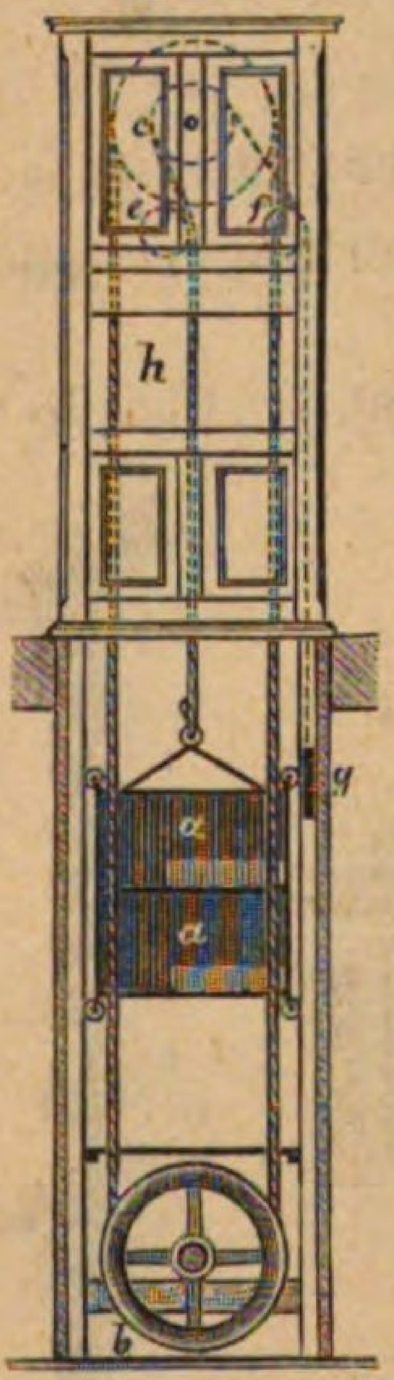
von etwa 7 Millim. Durchmesser eingeschraubt oder gleich darin festgegossen; dieser ist am obern Ende mit Gewinde und mit einer Mutter versehen, womit das durchlaufende Flacheisen auf den Geländerstäben festgeschraubt wird. Nachdem das Geländer in dieser Weise vollständig gerichtet und festgeschraubt ist, legt man erst den hölzernen Handlauf darauf und befestigt denselben nach Fig. 791 von unten mit versenkten Holzschrauben.

§. 116. Construction der Aufzüge oder Fahrstühle.

In neuerer Zeit hat man für den Transport von Personen, Waaren, Speisen und Getränken, Acten etc. von einer Etage in die andere, in vielen Gebäuden Aufzüge oder Fahrstühle eingerichtet, um das lästige Treppensteigen zu ersparen; diese werden entweder durch Menschenkraft mittelst Seil und Vorgelegen, durch eine Dampf-Gas- oder Heissluftmaschine, oder durch Wasserdruck betrieben. Vor allem Andern muss für eine sichere Führung des Aufzuges gesorgt werden, damit er möglichst wenig Reibung beim Auf- und Niedergang verursacht; man bewirkt dies durch eiserne Leitschienen, an welchen die am Aufzuge oben und unten befestigten Rollen leicht geführt werden.

Die Ansicht eines Aufzuges für Speisen und Getränke zeigt Fig. 792. Dieselben werden sehr häufig zur Communikation zwischen Küche und Speisesaal angewendet, wenn beide in verschiedenen Stockwerken liegen, sowohl in besseren Privathäusern, wie namentlich aber in Hotels, Restaurationen und Bierhallen. Der Aufzugkasten besteht aus 2 übereinander angebrachten Fächern *a a*, wo die Speisen und Getränke placirt werden können. Dieser Kasten hat oben und unten 4 Rollen, wodurch er an den Leitschienen leichte und sichere Führung erhält. Der Kasten hängt an einem Seil, welches am oberen Ende des Aufzuges über eine Rolle *c* gelegt ist und ausserdem durch die beiden Rollen *e* und *f* richtig geführt wird. Am anderen Ende des Seils hängt ein Gegengewicht *g*, wodurch das Gewicht des Aufzugkastens abbalancirt ist. Auf derselben Welle, worauf die Rolle *c* befestigt ist, sitzt noch eine grössere Seilscheibe, dessen Seil ohne Ende auch unten über die Scheibe *b* gelegt und gehörig angespannt wird. Will man nun den Aufzug hinauf oder herunter bewegen, so zieht man mit der Hand an dem einen oder andern Strang des Seiles ohne Ende.

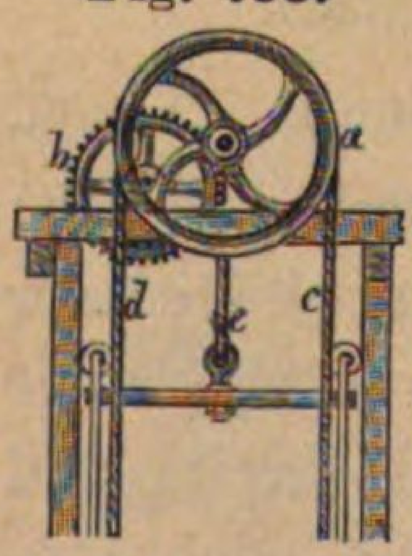
Fig. 792.



Der Aufzug kann sowohl durch eine wie durch mehrere Etagen geführt werden; dort wo man die Speisen herausheben will, wird eine Oeffnung *h* angebracht, welche man durch eine in verticaler Richtung geführte Schiebethür oder in anderer Weise verschliessbar macht. Solche kleine Aufzüge lassen sich auch zum Aufziehen von leichteren Waaren, Acten etc. verwenden. Die Grösse der Aufzugkasten richtet sich nach den aufzuziehenden Massen; die kleinsten derselben macht man etwa 30 Centim. tief und 60 Centim. breit; sie werden aus schwachen Winkeleisen von etwa 3 $\times$ 25 Millim. Schenkelstärke zusammengenietet; diese Eisensorte genügt auch für die Führungsleisten, wovon gewöhnlich 4 angebracht werden.

Derartige grössere Aufzüge für Lasten und Personen müssen mit Vorgelegen, wie in Fig. 793 angedeutet, betrieben werden. Am oberen Ende des Aufzuges bringt man zu diesem Zwecke eine Welle mit einer entsprechend grossen Seilscheibe *a* an, über welche ein Seil ohne Ende vertical abwärts und unter dem untersten Fussboden über 2 Rollen geführt wird, damit es im gespannten Zustande verbleibt. Auf der Seilscheibenwelle *a* ist auch ein kleines Zahnrad festgekeilt, welches in das grössere Rad *b* eingreift, auf dessen Welle die Scheibe des Seiles *e* festsitzt, woran der Aufzugkasten hängt. Dieser letztere ist durch ein Gegengewicht abbalancirt, was vortheilhaft schwerer gemacht wird, als der Kasten des Aufzuges. Es muss dann beim leeren Niedergang etwas Arbeit aufgewendet werden, die aber das Gegengewicht

Fig. 793.



beim Aufgang des Kastens wieder abgiebt; der Auf- oder Niedergang wird durch Ziehen an dem Seilstrange *c* oder *d* bewirkt, und kann diese Arbeit von der auf- oder abwärts fahrenden Person selbst besorgt werden, wenn man die Seilstränge *c* und *d* durch den Aufzugkasten hindurch führt.

Die Zugkraft *K*, welche ein Mann an dem Seilstrange ausüben kann, beträgt bei anhaltender Arbeit etwa 10, bei kurzer Arbeitsdauer bis 20 Kilogr., wonach die Last, welche ein Mann mit Hülfe des Vorgeleges heben kann, leicht zu berechnen ist. Bezeichnet:
R den Radius der Seilscheibe *a*, Fig. 793,
r den Radius der Seilscheibe, worauf das Seil *e* liegt,
Z die Anzahl der Zähne des Rades *b*,
z die Anzahl der Zähne des kleinen Triebrades und
P die zu hebende Last, so ist das Uebersetzungsverhältniss:

$$\frac{R}{r} \cdot \frac{Z}{z}, \text{ und } P = K \cdot \frac{R}{r} \cdot \frac{Z}{z}$$

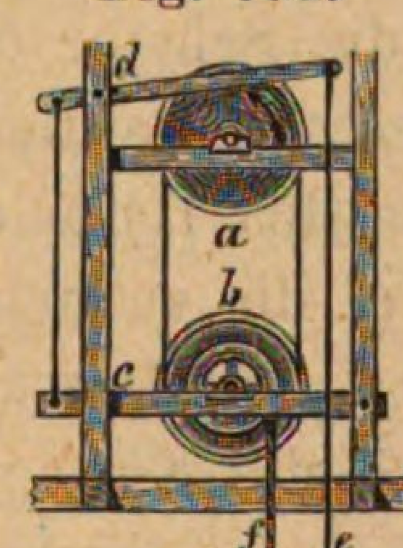
wenn man die Reibungswiderstände nicht berücksichtigt. Wegen der Reibungswiderstände giebt die Maschine aber nur etwa 70% Nutzeffect, es ist demnach die zu hebende Last:

$$P = 0{,}7 \cdot K \cdot \frac{R}{r} \cdot \frac{Z}{z} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (288)$$

Durch Brems- und Sperrvorrichtungen lässt sich der Aufzug leicht so einrichten, dass man den Aufzugkasten an jedem beliebigen Punkte zum Stillstehen bringen kann.

In Mühlen und anderen Fabriken, wo stets umlaufende Wellen vorhanden sind, betreibt man die Sackaufzüge und Fahrstühle gewöhnlich durch die beiden folgenden Vorrichtungen. Die Welle der beständig rotirenden Riemscheibe *a*, Fig. 794, ist auf einem festen Gerüste gelagert, auf der Scheibe hängt ein Riemen ohne Ende, der auch die gleichgrosse Scheibe *b* umfasst, auf deren Welle eine Windetrommel festgekeilt ist. Die Lager dieser Welle ruhen auf dem beweglichen Gerüste *c*, welches durch das Seil *e* vermittelst des Hebels *d* gehoben und gesenkt werden kann. Wird nun an das Aufzugseil *f* eine Last angehängt und das Seil *e* nachgelassen, so zieht die Last die Windetrommel nieder und bewirkt die Spannung des Betriebsriemens, wodurch dieser die Scheibe *b* umdreht und die Last emporzieht; wird dann das Seil *e* angezogen und das Gerüst *c* gehoben, so kommt der Riemen ausser Spannung und die Last vom Seile *f* sinkt nieder. Bei solchen Aufzügen beträgt die Aufzuggeschwindigkeit des Seiles *f* pro Secunde 0,4 bis höchstens 0,7 Meter.

Fig. 794.



Wenn der Riemen die halbe Peripherie der Scheiben umfasst und an der Peripherie einen Widerstand *P* überwinden soll, so muss derselbe eine mittlere Spannung haben, die bei hölzernen Scheiben $0{,}9\,P$ und bei eisernen Riemscheiben $^4/_3\,P$ beträgt. Giebt man der Windetrommel eine solche Länge, dass die Last an dem von der Riemscheibe entferntesten Ende noch mit $^1/_3$ ihres Gewichtes *G* auf Spannung des Riemens wirkt, so hat man bei Riemscheiben aus Holz die Gleichung $0{,}9\,P = {}^1/_3\,G$, und bei eisernen $^4/_3\,P = {}^1/_3\,G$. Der Nutzwiderstand an der Peripherie ist, wenn man von den Reibungswiderständen absieht und mit *R* den Radius der Riemscheiben, mit *r* den Radius der Seiltrommel bezeichnet:

$P = \frac{r}{R} \cdot G$; diesen Werth von *P* in die obigen Gleichungen eingesetzt, ergiebt:

$$0{,}9\,G\frac{r}{R} = {}^1/_3\,G \text{ für Holz; } {}^4/_3\,G\frac{r}{R} = {}^1/_3\,G \text{ für Eisen.}$$

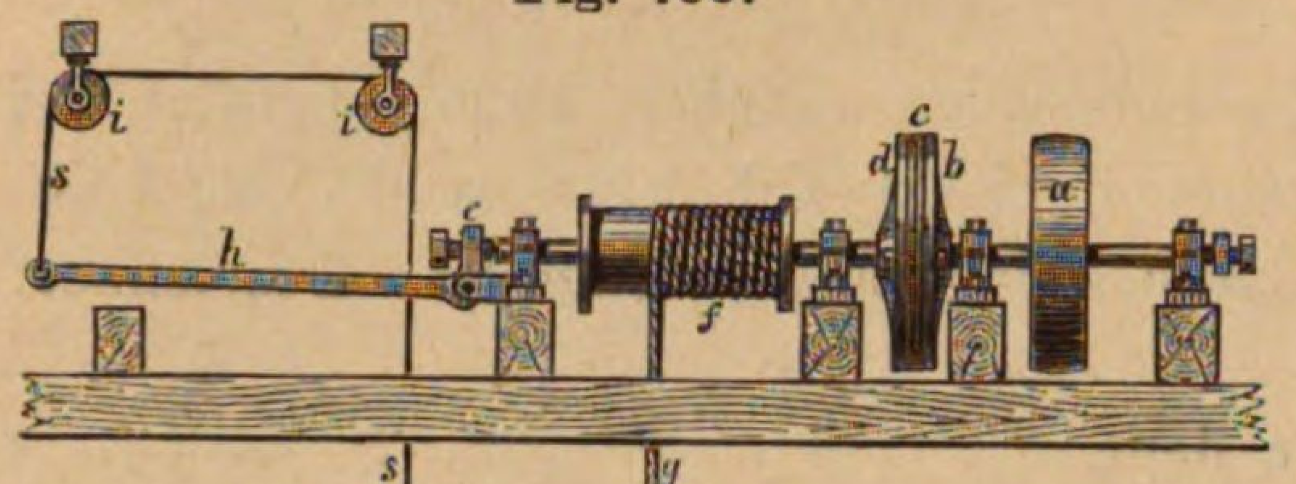
Hieraus erhält man:

$$\frac{r}{R} = 0{,}37 \text{ für Holz; } \frac{r}{R} = 0{,}25 \text{ für Eisen} \quad \ldots\ldots \quad (289)$$

Unter der obigen Voraussetzung muss also der Durchmesser der Riemscheibe auf der Windetrommel, wenn sie aus Holz besteht, 2,7 mal, wenn aus Eisen, 4 mal so gross sein, als der Durchmesser der Windetrommel.

Die andere Windevorrichtung ist in Fig. 795 dargestellt; *a* ist die beständig rotirende Riemscheibe, mit der Frictionsscheibe *b*, gegen welche eine andere Frictionsscheibe *d* mit der gerade gedrehten Stirn stumpf gegen stosst. Beide Scheiben können durch Hebelwerk fest gegeneinander gepresst, oder voneinander entfernt werden, so dass die Scheibe *d* stille steht, während *b* rotirt. Zur Vergrösserung der Reibung werden beide Scheiben an der Stirnfläche bei *c* mit hartem Holze bekleidet. Der Winkelhebel *e* drückt mit einer gehärteten Druckschraube gegen die Welle der Scheibe *d*, auf der die Windetrommel *f* festgekeilt ist, sobald man den andern Hebelarm *h* durch das über die Rollen *i* geführte Seil *s* aufhebt, indem man das Seil *s* niederzieht. Wird nun *s* angezogen, so drückt man dadurch die Scheibe *d* gegen *b* und das Seil *g* wickelt sich auf die Windetrommel *f*, welche durch die Scheibe *d* rotirt; hierdurch wird die an dem Seile *g* hängende Last so lange gehoben, bis man das Seil *s* loslässt und der Hebel *h* auf den Balken zurücksinkt, derselbe kann durch Gegengewichte theilweise abbalancirt sein.

Fig. 795.



Die Grösse der Reibung zwischen den beiden Scheiben *b* und *d* ist unabhängig von der Grösse der Berührungsfläche und von der Geschwindigkeit, sie ist aber proportional dem Drucke, mit welchem die Scheiben gegeneinander gepresst werden. Man pflegt daher die Scheiben *b* und *d* an der Berührungsstelle *c* mit je einem 8 bis 10 Centim. breiten Ringe von Eichenholz zu bekleiden und die Berührungsflächen gerade abzudrehen. Der erforderliche Scheibenhalbmesser ist dann abhängig von der zu hebenden Last, von dem Halbmesser der Windetrommel und von dem Drucke, den man mit dem Hebel *h* gegen die Scheibe *d* auszuüben vermag. Nennt man:

R den mittlern Halbmesser der Holzringe,
r den Halbmesser der Windetrommel,
G die zu hebende Last sammt Eigengewicht des Fahrstuhls,
N den Druck des Hebels gegen die Scheibenwelle in Kilogr.,
F die Kraft der Reibung in Kilogr. und
$\frac{F}{N} = \frac{\text{Reibung}}{\text{Normaldruck}} = m$ den Reibungscoefficienten, der zwischen Eichenholz etwa $= 0,4$ ist, so hat man:

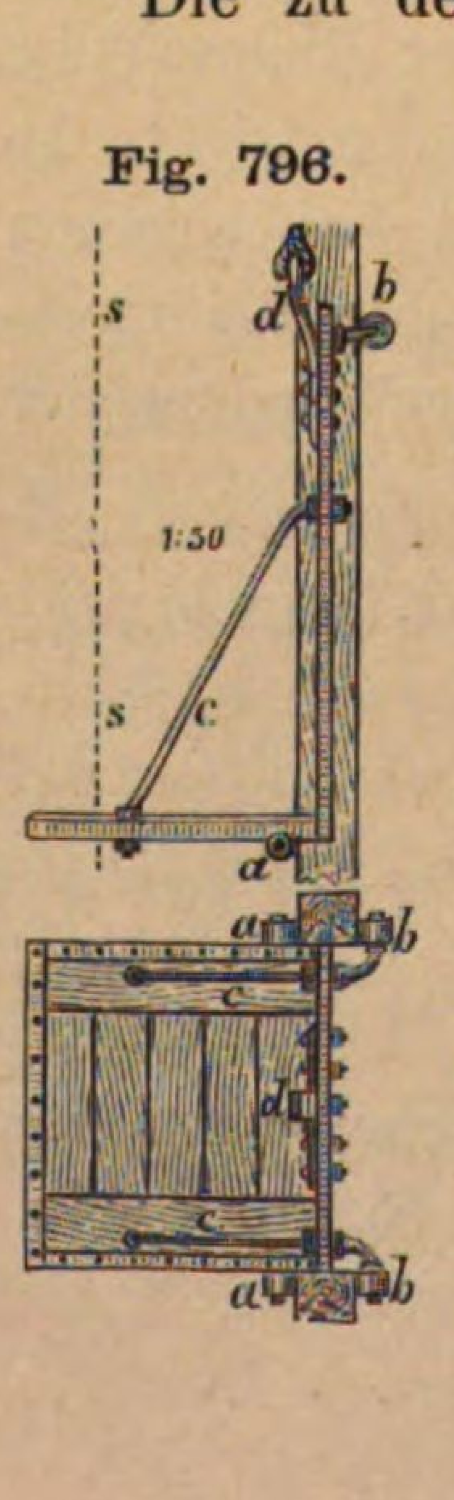
$$r \cdot G = R \cdot F = R \cdot N \cdot m; \text{ hieraus wird:}$$

$$R = \frac{r \cdot G}{N \cdot m}; \text{ oder } r = \frac{R \cdot N \cdot m}{G}; \text{ oder } G = \frac{R \cdot N \cdot m}{r}; \text{ oder } N = \frac{r \cdot G}{R \cdot m} \quad . \quad (290)$$

Aus diesen Gleichungen lassen sich die Abmessungen leicht bestimmen.

Die zu den beiden letzteren Aufzugvorrichtungen gebräuchlichen Fahrstühle sind in Fig. 796 im Grundrisse und in der Seitenansicht dargestellt. Derselbe hängt an dem Seile oder Riemen *d* und wird von den 4 Rollen *a* und *b* zwischen 2 Leitbäumen geführt, welche entweder aus Holz oder aus I-, C- oder L-Eisen bestehen können. Die Plattform und deren Rückwand können aus Holz hergestellt und durch eiserne Winkel verbunden werden, ringsum wird die Plattform dann meistens mit Bandeisen beschlagen, damit sich die Kanten weniger leicht abnützen; durch die beiden geneigten Hängeeisen *c* wird die Plattform an der Rückwand aufgehängt; *s* ist das Seil, welches zu dem Hebel der Windevorrichtung führt. Das Seil *d* muss oben am Aufzug über eine Leitrolle geführt werden, weil es sonst beim Aufwickeln auf die Windetrommel nicht beständig in derselben Verticalebene bleiben würde. Rollen und Windetrommeln für **Hanfseile** erhalten mindestens einen Durchmesser der 8 mal so gross ist als der Seildurchmesser; bei starkem Gebrauche aber den 30 bis 50 fachen Seildurchmesser.

Fig. 796.



Ungetheerte Hanfseile haben eine äusserste Tragfähigkeit von 875 Kilogr., getheerte oder nasse Seile 800 Kilogr. pro □ Centim. Querschnitt; sie werden in der Regel nur mit $1/8$ ihrer äussersten Tragfähigkeit belastet. Bezeichnet P die Belastung eines Seiles in Kilogr. und d den Durchmesser desselben in Centim., so nimmt man für ungetheerte und im Trocknen gebrauchte Seile:

$$d = 0{,}113 \sqrt{P}, \text{ und } P = 78{,}5\, d^2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (291)$$

für getheerte oder im nassen Zustande gebrauchte Seile:

$$d = 0{,}119 \sqrt{P}, \text{ und } P = 70{,}6\, d^2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (292)$$

Die Fabrik von **Felten** und **Guilleaume** in Cöln liefert runde ungetheerte Hanfseile nach der nebenstehenden Tabelle, worin d den Seildurchmesser, G das Gewicht des Seiles pro lfd. Meter und P die Arbeitslast in Kilogr. bei 8facher Sicherheit bezeichnen.

d	G	P
16	0,21	200
20	0,32	300
23	0,37	400
26	0,53	500
29	0,64	750
33	0,80	900
36	0,96	1000
39	1,06	1250
46	1,55	1500
52	2,03	2000

Rollen und Windetrommeln für **Drahtseile** giebt man mindestens einen Durchmesser = 30 bis 50, oder bei starkem Gebrauch = 100 bis 150 Seildurchmesser. Bei Seilen aus Eisendraht beträgt die **Bruchbelastung** 2000 bis 2500 Kilogr., aus Gussstahldraht 4000 bis 4500 Kilogr. pro □ Centim. Querschnitt; als **Arbeitslast** nimmt man für diese Seile $1/10$ der Bruchbelastung. Man rechnet für Seile aus Eisendraht:

$$d = 0{,}08 \sqrt{P}, \text{ und } P = 157\, d^2 \quad \ldots \quad (293)$$

aus Gussstahldraht:

$$d = 0{,}057 \sqrt{P}, \text{ und } P = 314\, d^2 \quad \ldots \quad (294)$$

Durchmesser. Millim.	Gewicht pro Meter.	Bruchbelastung		Durchmesser. Millim.	Gewicht pro Meter.	Bruchbelastung		Durchmesser. Millim.	Gewicht pro Meter.	Bruchbelastung	
		Eisendraht.	Gussstahldraht.			Eisendraht.	Gussstahldraht.			Eisendraht.	Gussstahldraht.
7	0,15	850	1800	17	0,85	5000	11000	33	3,40	20000	44000
9	0,22	1300	2700	18	1,00	5800	12800	35	4,10	24000	52000
10	0,26	1500	3200	19	1,10	6200	13600	37	4,50	26000	57000
11	0,30	1700	3700	21	1,25	7200	15800	40	5,35	31000	67000
12	0,40	2200	4900	23	1,50	8400	18500	45	6,25	36000	78000
13	0,45	2600	5700	25	1,80	10200	21100	50	7,70	45000	98000
14	0,50	3100	6700	27	2,30	13400	29300	55	9,30	55000	121000
15	0,70	4000	8700	30	2,80	16600	36000	60	11,20	66000	145000
16	0,80	4600	10100								

Oben genannte Fabrik liefert runde Drahtseile nach vorstehender Tabelle, worin die Bruchbelastung und das Gewicht pro lfd. Meter in Kilogr. gegeben sind.

§. 117. Construction der hydraulischen Aufzüge.

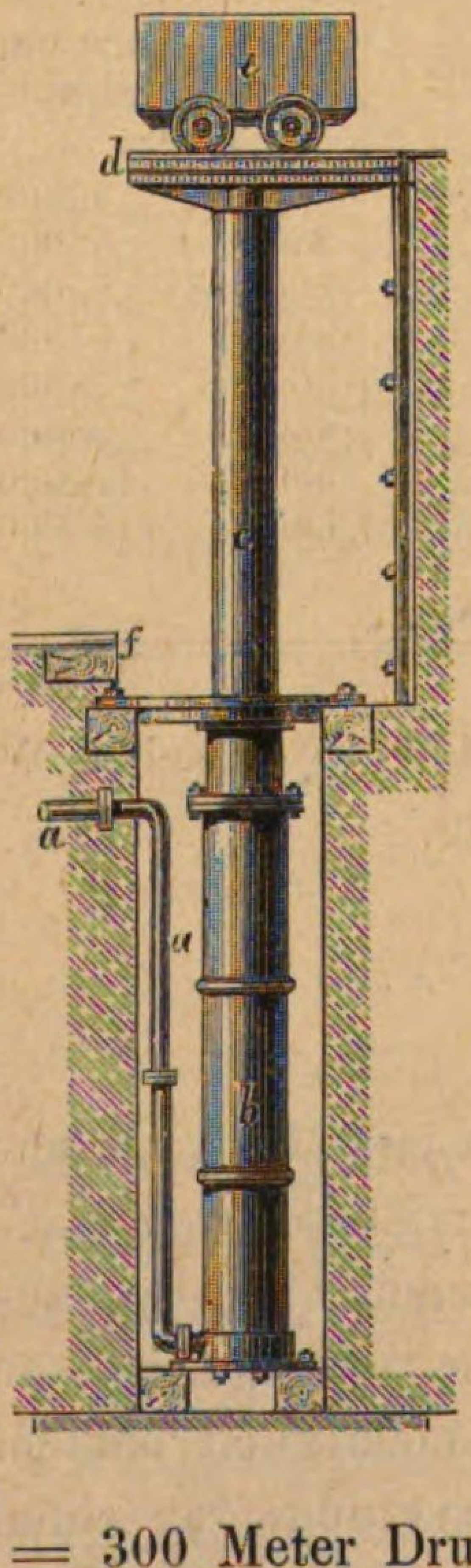
Für Hotels, Postanstalten, Lagerhäuser etc. sind gegenwärtig schon viele hydraulische Aufzüge in Betrieb, sie werden sowohl zum Personentransport von einer Etage in die andere, wie auch zum Aufziehen von Waaren, Gepäck etc. verwendet. Aufzüge mit hydraulischem Betriebe haben gegenüber denjenigen mit Seil- oder Maschinenbetrieb den grossen Vortheil, dass sie von den aufzuziehenden Personen mit der grössten Leichtigkeit bedient werden können. Das Druckwasser wird bei den hydraulischen Hebevorrichtungen in einen Cylinder geleitet, worin sich ein dichtschliessender Kolben bewegt, mit dem eine Plattform, Fahrstuhl oder Coupée genannt, so verbunden ist, dass sie der Bewegung des Kolbens folgen muss. Die Tragfähigkeit eines Aufzuges hängt von der Querschnittfläche des Kolbens, von der Pressung des Druckwassers und davon ab, ob der Kolben **direct** oder **mittelst Flaschenzug** mit der Plattform verbunden ist. Das Druckwasser kann entweder einer städtischen Wasserleitung entnommen werden, oder man kann es mittelst Druck-

pumpen in einen Cylinder treiben, dessen Kolben durch Gewichte sehr stark belastet ist. Indem das Wasser in diesen Cylinder hineingepumpt wird, hebt es den Kolben und die ihn beschwerende Last, diese drückt also beständig auf die Wassermasse, welche sich in dem Cylinder befindet. Da auf diese Weise eine grosse Druckkraft in dem Cylinder angehäuft, **accumulirt**, wird, so hat der Erfinder dieses Apparates, Mr. **Armstrong** in Newcastle, denselben **Accumulator** genannt. Solche Kraftansammler oder Accumulatoren hat man in neuerer Zeit für einen Arbeitsdruck bis zu ca. 45 Kilogr. pro □ Centim. construirt; für diesen Fall würde der Accumulator einen Wasserthurm von ca. 450 Meter Höhe repräsentiren.

Aus dem Accumulator kann mittelst Röhrenstrang und Hahn oder Ventil das Wasser beliebig in den Aufzugcylinder geleitet werden; man hat daher durch diese Apparate auf einfache und billige Weise erreicht, kräftige hydraulische Hebevorrichtungen mit verhältnissmässig geringem Material- und Kostenaufwande bauen zu können, weil bei den, mit dem hohen Wasserdruck zusammenhängenden geringen Wasserquantitäten, die Querschnittsdimensionen der Druckkolben und Zuleitungsröhren nur gering zu sein brauchen. Für die **steuerfreie Niederlage** zu Harburg (vergl. S. 131) hat Herr Obermaschinenmeister **Welkner** hydraulische Aufzüge von 20 Ctr. Tragfähigkeit und ca. 10 resp. 16,5 Meter Hubhöhe construirt, die mittelst Accumulatoren betrieben werden. Fig. 1, **Blatt 6** giebt die Ansicht eines solchen Aufzuges; die eine der beiden Handhaben dient zur Steuerung des unterirdischen Mechanismus für die Aufzugkette, die andere zur Bewegung des Apparates, der zur Umschwenkung des Aufzuges construirt ist.

Die einfachste Art der hydraulischen Aufzüge mit **directer** Uebertragung giebt Fig. 797; hierbei ist *a* das Zuleitungsrohr des Druckwassers vom Accumulator her, oder mit einer städtischen Wasserleituug in Verbindung stehend. In dem Cylinder bewegt sich, mittelst einer eingelegten Ledermanschette dicht schliessend, der Kolben *c*, auf dem oben die Plattform *d* befestigt ist. Auf der Plattform steht auf einem Schienengeleise die Last *e*, in diesem Falle der Wagen einer schmalspurigen Eisenbahn. *f* ist ein unteres Geleise, von dem aus der Wagen *e* auf das obere Geleise gehoben wird. Denkt man den Aufzug in der untersten Stellung, so dass die Plattform *d* mit dem Geleise *f* in gleicher Höhe steht und lässt man dann durch das Rohr *a* Wasser von entsprechender Pressung in den Cylinder *b* strömen, so drückt dieses unter den Kolben *c* und treibt denselben aus dem Cylinder hinaus, wodurch die Plattform *d* mit der Last *e* gehoben wird. Hat der Kolben seine höchste Stellung erreicht, so muss der Wasserzufluss abgesperrt werden, worauf der Kolben so lange in seiner Stellung verharrt, bis das unter dem Kolben im Cylinder eingeschlossene Wasser abgelassen wird. Die Absperrvorrichtungen können durch Hebelwerk mit dem Kolben in Verbindung gebracht werden, damit dieser die Absperrung selbstthätig bewirkt.

Fig. 797.

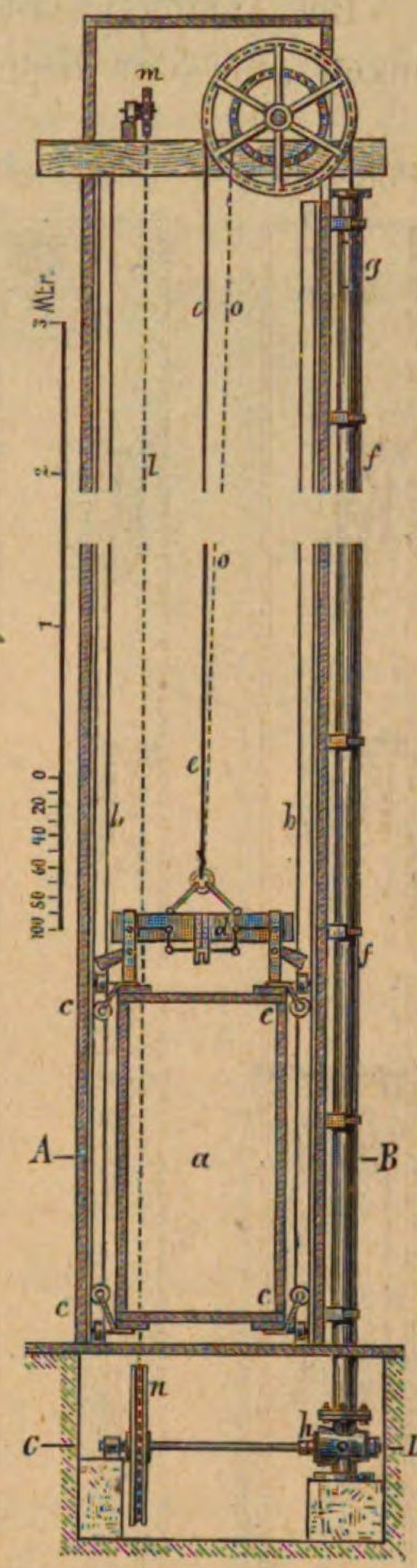


Die Berechnung dieser direct wirkenden Aufzüge ist sehr einfach; es sei z. B. die von dem Aufzuge Fig. 797 zu hebende Last = 2000 Kilogr., die Hubhöhe = 3 Meter und das zur Verfügung stehende Druckwasser habe eine Pressung von 30 Kilogr. pro □ Centimeter = 300 Meter Druckhöhe. Rechnet man für das Eigengewicht des Kolbens mit der Plattform 400 Kilogr. und setzt den Nutzeffect der Maschine = 75%, so ist der erforderliche Kolbenquerschnitt $q = \frac{2400}{0,75 \cdot 30} = 107$ □ Centim. = 11,7 Centim. Durchmesser. Der Wasserverbrauch würde in diesem Falle gleich Hubhöhe $\times$ Querschnitt = 300 $\times$ 107 = 32100 Cub.-Centim. = 32,1 Liter pro Hub sein. Die Wandstärke des Cylinders und Kolbens kann man nach den S. 73 gegebenen Formeln berechnen.

Für grosse Hubhöhen sind die in Fig. 797 dargestellten direct wirkenden Aufzüge nicht zweckmässig, indem Kolben und Cylinder eine grosse Länge erhalten müssen und daher beständig eine erhebliche todte Last zu heben ist.

Ein patentirter Aufzug, der von dem Civil-Ingenieur und Maschinenfabrikanten Herrn **Anton Freissler** in Wien in der Maschinenhalle der Wiener Weltausstellung ausgestellt und in Function war, ist in Fig. 798 im Längenschnitte und in Fig. 799 im Grundrisse dargestellt, während Fig. 800 einen Querschnitt nach *A B* und Fig. 801 einen Schnitt nach *C D* giebt.

Fig. 798.



Das Coupée *a*, zur Aufnahme von 2 Personen bestimmt, bewegt sich in einem aus Brettern gezimmerten Schachte, in dem, an 2 einander gegenüberliegenden Wänden, Führungen *b* aus Bohlen und Winkeleisen angebracht sind, worin das Coupée von 8 Kautschuckrollen *c* sicher und geräuschlos geführt wird. Ein Drahtseil *e* von 14 Millim. Durchmesser ist oben im Schachte über eine lose Rolle geführt und an der mit dem Coupée fest verbundenen Traverse *d* befestigt, während an das andere Ende des Drahtseiles ein mit Blei beschwerter 4 Ctr. wiegender Kolben *g* angreift, der sich in dem oben offenen Triebcylinder *f* bewegt. Dieser ist von Messing angefertigt und hat 105 Millim. Durchmesser, seine Länge entspricht der ganzen Hubhöhe. Unterhalb des Triebcylinders ist ein Dreiweghahn *h* angebracht, mit dem, nach Fig. 801, die Druckwasserleitung *i* und die Abflussleitung *k* in Verbindung stehen.

Fig. 799.

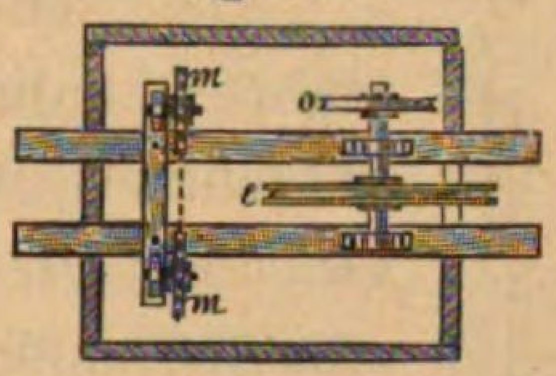


Fig. 800.

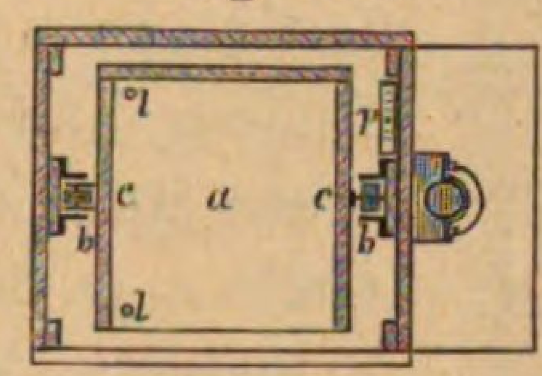
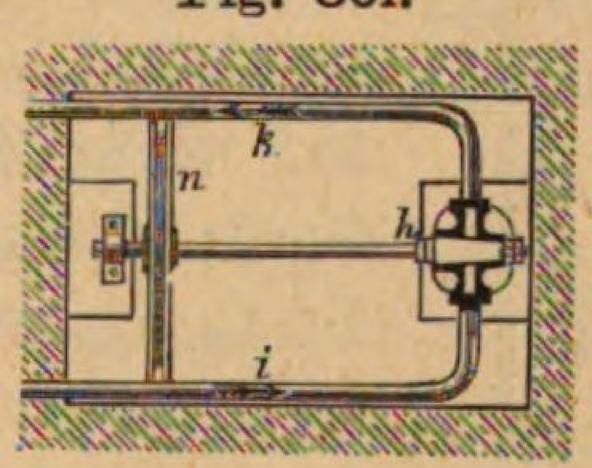


Fig. 801.



Eine Schnur *l* ohne Ende reicht durch die ganze Höhe des Schachtes; sie ist oben über 2 Führungsrollen *m* gelegt, geht durch 2 Löcher im Boden und in der Decke des Coupées und ist unten über eine auf der Welle des Hahnkegels festgekeilte Schnurrolle *n* geführt, so dass man in jeder beliebigen Höhe vom Coupée aus durch die Schnur *l* den Hahnkegel umdrehen kann.

An dem Seile *o* hängt ein Contregewicht *p*, Fig. 800, wodurch ein Theil des Coupéegewichtes abbalancirt ist, damit das Coupée nur so viel Uebergewicht behält, wie zum Niedergehen desselben erforderlich ist. Wird nun vom Coupée aus durch Niederziehen der Schnur *l* der Dreiweghahn in eine solche Stellung gebracht, dass die Druckrohrleitung *i* abgesperrt ist und der Cylinder mit dem Abflussrohr *k* communicirt, so beginnt der Kolben *g* zu sinken und das Coupée steigt. Zieht man aber an der Schnur in entgegengesetzter Richtung, dass die Druckrohrleitung *i* mit dem Cylinder in Communikation kommt und Druckwasser unter den Kolben treten kann, so wird das Coupée sinken, indem das Wasser den Kolben hebt und das Eigengewicht des Coupées überwiegend wird. Stillstand des Coupées tritt ein, wenn man den Hahn in die mittlere Stellung bringt, wodurch der Cylinder von beiden Leitungen abgesperrt ist. In der höchsten und tiefsten Stellung besorgt das Coupée durch geeignete Vorrichtungen selbstthätig die Absperrung des Triebcylinders.

Sollte etwa bei dem Drahtseil *e* ein Bruch vorkommen, so tritt die an der Traverse *d*, Fig. 798 angebrachte Fangvorrichtung in Thätigkeit, indem die mit scharfen Zähnen versehenen Fanghebel in die hölzerne Hinterwand der Führungsrinnen *b* einschlagen und das Coupée in der Höhe, wo der Seilbruch stattfindet, festhalten. Die Aufhängevorrichtung

des Coupées steht nämlich mit dem Hebelmechanismus der Fangarme direct in Verbindung; zieht das Drahtseil *e* das Coupée in die Höhe, so werden die Federn der Fangvorrichtung gespannt und die Fangarme nach unten geneigt, bricht nun das Seil, so schnellen die Federn zurück und treiben die Fangarme mittelst Hebelwerk in die Schachtwand.

Bei Aufzügen mit **indirecter** Uebertragung verwendet man flaschenzugartige Vorrichtungen, um den Kolbenweg möglichst abzukürzen. In Fig. 802 bis 804 ist ein solcher Aufzug in 2 Längenschnitten und im Grundrisse dargestellt*), derselbe wurde in der Maschinenfabrik des Herrn **F. Witte** in Charlottenburg 1874 für das Gebäude der General-Direction der deutschen Reichspost zu Berlin ausgeführt; in diesem Gebäude sind 2 derartige Aufzüge aufgestellt.

Fig. 802.

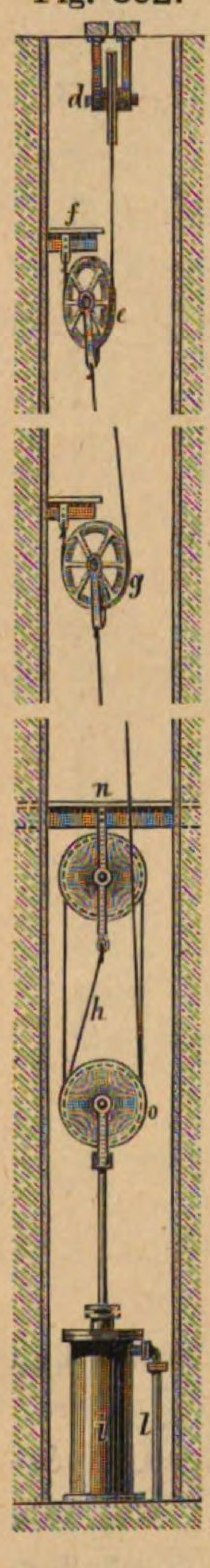
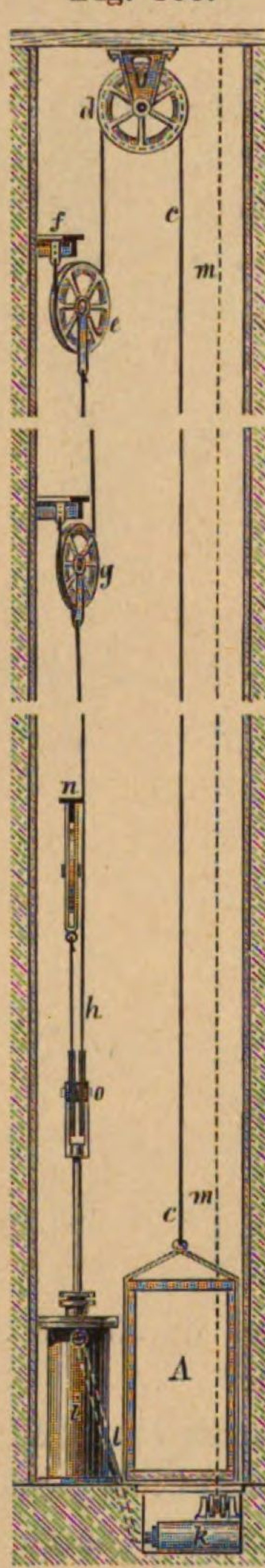


Fig. 803.

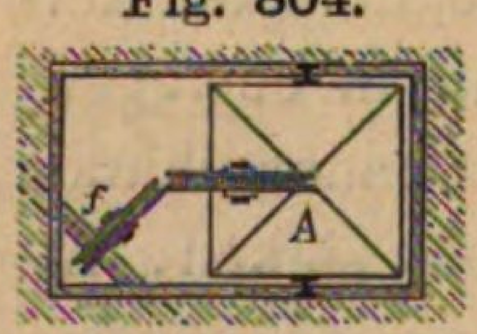


Die Umwandlung eines verhältnissmässig kleinen Kolbenweges in eine bedeutende Hubhöhe für den Fahrstuhl, ist bei diesem Aufzuge durch Einschaltung eines Potenz-Flaschenzuges bewirkt.

Der sehr kräftig aus Holz und Eisen construirte Fahrstuhl *A* kann eine Last von 4 Ctr. oder etwa 3 Personen aufnehmen und wird in 2 gusseisernen Leitschienen geführt. Er hängt an einem Drahtseil *c* von 20 Millim. Durchmesser, welches zunächst um die Rolle *e* geschlungen und mit dem Ende an dem T-förmigen eisernen Querriegel *f* solide befestigt ist. An die Rolle *e* greift das Drahtseil der losen Rolle *g*, und an diese endlich das Rollensystem *h*, dessen obere Rolle an dem Querriegel *n* hängt, während die untere Rolle *o* in directer Verbindung mit dem Kolben des Triebcylinders *i* steht. Durch die Combination dieser 6 Rollen ist eine 16-fache Uebersetzung erzielt, so dass bei einem Kolbenhub von ca. 1,6 Meter der Fahrstuhl einen Weg von 25,6 Meter durchläuft. Die Anwendung des Drahtseils bedingte bedeutende Durchmesser der Rollen, was jedoch für die Construction nicht ungünstig ist, indem durch das Gewicht der Rollen die Anbringung eines Contregewichts überflüssig wird.

Das Druckwasser zum Betriebe des Aufzuges liefert ein Reservoir auf dem Dachboden des Gebäudes, 25 Meter über Parterre stehend, welches von der städtischen Wasserleitung gespeist wird. Zunächst tritt das Wasser aus dem Reservoir in das Ventilgehäuse *k*, und von hier aus durch das Rohr *l* in den Cylinder *i*. Die Ventile lassen sich mittelst des im ganzen Schachte hinaufgeführten Seiles ohne Ende *m* vom Fahrstuhl aus bewegen. Nur für die Aufwärtsbewegung des Fahrstuhls wird Druckwasser oberhalb des Kolbens in den Cylinder gelassen, wodurch der Kolben sich abwärts bewegt und durch die Kolbenstange die beiden Rollen *o* mit sich zieht. Wird das Abflussventil geöffnet, so fliesst das im Cylinder befindliche Wasser oberhalb des Kolbens ab und das Uebergewicht des Fahrstuhls veranlasst das Sinken desselben. Für die höchste und tiefste Stellung des Fahrstuhls sind selbstthätige Abschlussvorrichtungen vorhanden.

Fig. 804.



Beim Bruche eines Drahtseiles ist die Gefahr vorhanden, dass eine der losen Rollen aus bedeutender Höhe auf den Fahrstuhl stürzen kann, derselbe muss daher durch ein

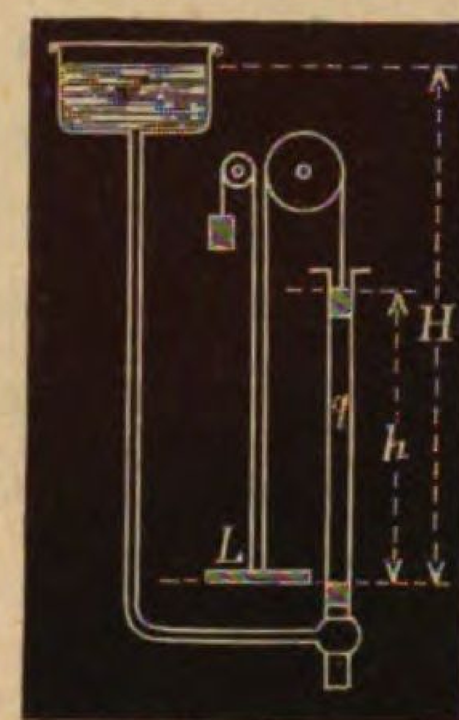
*) Entlehnt aus dem Artikel des Herrn Ing. **Schmitz**: »Hydraulische Aufzüge für Personen und leichte Lasten«. Deutsche Bauzeitung 1874. S. 283 und 326.

starkes Dach gestützt werden. Auch ist die Anbringung einer guten Fangvorrichtung sehr zu empfehlen, denn das Herabstürzen des Fahrstuhls kann grosses Unheil anrichten; der Bruch eines guten Drahtseiles ist immerhin möglich, wenn auch nicht wahrscheinlich.

Man kann den Triebcylinder eines Aufzuges auch horizontal legen, wie dies bei den erwähnten Aufzügen in Harburg geschehen ist; doch dürfte die verticale Stellung des Cylinders vortheilhafter sein, weil die Abnützung des Kolbens und der Stopfbüchse geringer ist.

Zur Ermittelung des Wasserverbrauchs der beiden letzteren Aufzüge bezeichnen nach Fig. 798 und 805:

Fig. 805.



L die Nutzlast + dem Uebergewichte, welches der leere Fahrstuhl zur Abwärtsbewegung nöthig hat;
h die Hubhöhe des Fahrstuhls;
a das Uebersetzungsverhältniss, also $\frac{1}{a}h$ den Kolbenhub;
H die nutzbare zur Verfügung stehende Druckhöhe des Wassers;
q die Querschnittfläche des Kolbens;
G das Gewicht der Cubikeinheit Wasser;
Q das Wasserquantum pro Hub.

Bei dem Aufzuge Fig. 798 bis 801 und 805 entspricht das Gewicht des Kolbens der Nutzlast L; dieses Gewicht muss in höchster Stellung noch durch den Wasserdruck getragen werden, in dieser Stellung ist der Druck des Wassers aber pro Flächeneinheit $= (H - h)\,G$, und auf der ganzen Kolbenfläche $= (H - h)\,G\,q$, derselbe muss $= L$ sein, folglich hat man die Gleichung:

$$(H - h)\,Gq = L; \text{ und hieraus den Kolbenquerschnitt } q = \frac{L}{(H - h)\,G} \quad . \quad (295)$$

Der Wasserverbrauch pro Hub würde in diesem Falle sein $Q = h \cdot q$; oder für q dessen Werth aus (295) substituirt:

$$Q = h\,\frac{L}{(H - h)\,G} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (296)$$

Aus der Formel (295) geht hervor, dass das Maass der grössten Hubhöhe h bei Aufzügen mit **directer** Uebertragung stets um ein Gewisses **kleiner** sein muss, als die Druckhöhe H der zur Verfügung stehenden Wasserleitung.

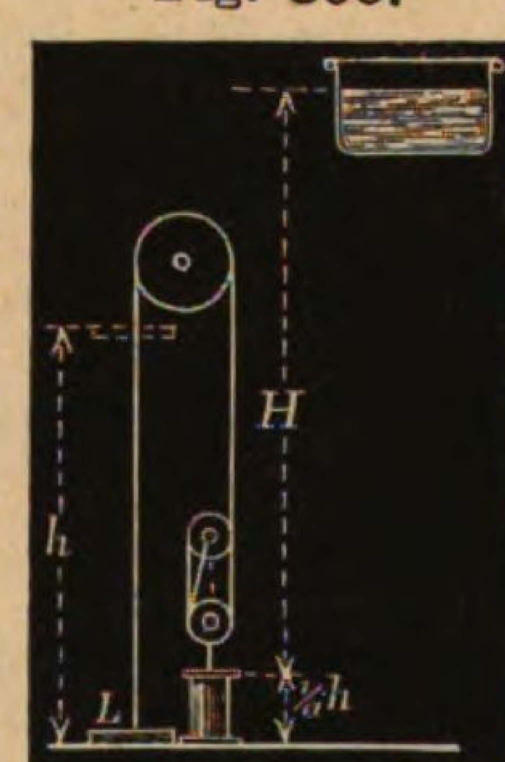
Setzt man bei den Fahrstühlen mit **indirecter** Uebertragung voraus, dass das Gewicht des Fahrstuhls, des Flaschenzuges etc., soweit dasselbe auf den Kolben einwirken kann, abbalancirt ist, so findet bei einer **horizontalen** Lage des Triebcylinders kein Verlust an Druckhöhe statt. Lässt man die durch Reibung etc. auftretenden Widerstände unberücksichtigt, so hat man hier statt (295) die Gleichung:

$$H\,G\,q = a\,L; \text{ und hieraus } q = \frac{a\,L}{H\,G} \quad . \quad . \quad . \quad (297)$$

Der Wasserverbrauch bei einem Hube ist dann:

$$Q = h\,\frac{a\,L}{H\,G}\,\frac{1}{a} = h\,\frac{L}{H\,G} \text{ Kilogr.} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (298)$$

Fig. 806.



Steht der Triebcylinder aber wie in Fig. 802 und 806 **vertical**, so muss bei der Abwärtsbewegung des Fahrstuhls die über dem Kolben befindliche Wassermenge gehoben werden, der Nutzlast L ist demnach noch ein Gewicht c hinzuzufügen, von der Grösse:

$$c = \frac{1}{a}\left(\frac{1}{a}\,h\,q\,G\right).$$

Da dieses beim Hinaufgehen des Fahrstuhls zu heben ist, also ein Druck $a\,(L + c)$ auf den Kolben ausgeübt werden muss, so wird aus (297):

$$H\,G\,q = a\,L + \frac{1}{a}\,h\,q\,G; \text{ und hieraus } q = \frac{a\,L}{G\,(H - \frac{1}{a}\,h)} \quad . \quad . \quad . \quad (299)$$

und als Wasserverbrauch pro Hub ergiebt sich:

$$Q = h\,\frac{L}{G\,(H - \frac{1}{a}\,h)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (300)$$

Aus Formel (300) ist ersichtlich, dass mit **wachsendem** Uebersetzungsverhältniss (a) der Wasserverbrauch **abnimmt;** wird die Uebersetzung $= 1$, so geht Formel (300) über in Formel (296), die für Aufzüge mit **directer** Uebertragung gefunden wurde.

Unter denselben Verhältnissen dürften die **Anlagekosten** für die Aufzüge Fig. 798 und 802 sich als **gleich gross** herausstellen, somit wird in den meisten Fällen ein Aufzug mit **indirecter** Uebertragung, wegen des geringeren Wasserverbrauchs, vortheilhafter sein, obgleich die Reibungswiderstände mit der Uebersetzungszahl im Allgemeinen wachsen. Falls eine grössere Hubhöhe des Aufzuges verlangt wird, als die disponible Druckhöhe des Betriebswassers, so sind Aufzüge mit directer Uebertragung von selbst ausgeschlossen. Die **Grenze** bis zu der die Hubhöhe h bei gegebener Druckhöhe H und bestimmt angenommener Uebersetzung a vergrössert werden kann, ist durch Formel (299) gegeben; hieraus ergiebt sich der Grenzwerth $h = a\,H;$ man kann also, theoretisch genommen, mit einer afachen Uebersetzung eine Maximalhubhöhe erreichen, die amal so gross ist, als die Höhe des zur Verfügung stehenden Wasserdrucks.

Der **Nutzeffect** bei Aufzugmaschinen beträgt etwa 75 bis 85 % des theoretischen Effectes; ersterer Werth gilt für Aufzüge mit indirecter Uebertragung und grossem Uebersetzungsverhältniss, letzterer Werth für gut eingerichtete Aufzüge mit directer Uebertragung, wobei die Reibungswiderstände geringer ausfallen.

Bei Anlage von hydraulischen Aufzügen wird man alle vorstehend genannten Verhältnisse für jeden einzelnen Fall berücksichtigen müssen, um zu den zweckmässigsten Resultaten zu gelangen. Für mässige Hubhöhen, geringe Lasten (etwa 3 Ctr.) und billigen Wasserpreisen, dürfte der Aufzug von Herrn **A. Freissler,** Fig. 798, zu empfehlen sein, da er sehr zweckmässige Constructionsdetails zeigt.

Zehnter Abschnitt.

Metallconstructionen an Thüren und Fenstern.

§. 118. Thürbeschläge.

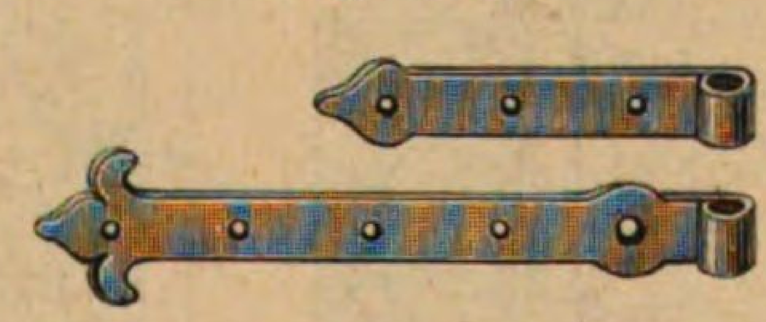
Haus- und Zimmerthüren drehen sich im Allgemeinen um eine verticale Axe, sie müssen daher mindestens oben und unten feste Drehpunkte haben. Diese können in der Weise gebildet werden, dass man an dem Thürflügel eiserne Hülsen, **Bänder**, befestigt, welche sich um hakenförmig aufgebogene verticale Zapfen, **Haken**, herumdrehen, oder man kann oben und unten in dem Thürflügel senkrecht stehende Dorne, **Zapfen**, befestigen, die sich unten in **Pfannen**, oben in **Halseisen** umdrehen; letztere Art der Thüraufhängung wird namentlich bei Thorwegen angewendet.

Fig. 807.



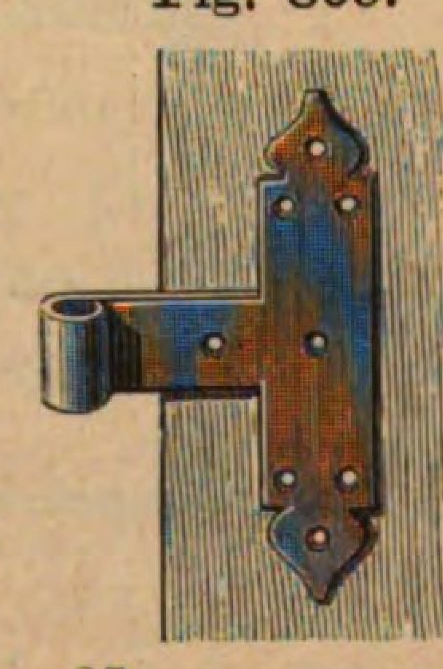
Der ordinäre **Spitzhaken**, Fig. 807, ist aus Rundeisen gebogen, er wird, wenn er in Holz eingetrieben werden soll, an dem Ende zugespitzt und mit kleinen Widerhaken versehen, die ein Herausziehen erschweren. Werden solche Haken eingemauert, so stellt man sie besser aus Quadrateisen her, indem man den Zapfen aufbiegt und rund ansetzt; das Ende in der Mauer wird dann ebenfalls hakenförmig aufgebogen, damit das Eisen nicht aus der Mauer herausgezogen werden kann. Grössere Festigkeit als die vorstehenden Haken gewähren die **Stützhaken**, welche gewöhnlich aus 2 Theilen hergestellt werden, indem der verticale Zapfen nach unten verlängert und gegen die Mauer gebogen ist, wo er mit einem Haken eingreift, oder wogegen er mit einem in der Mauer befestigten Schraubenbolzen festgeschraubt wird. Ueber den Zapfen wird dann ein durchlochtes Flacheisen geschoben, welches sich auf einen Bundring des Zapfens auflegen und mit dem andern Ende eingemauert sein kann; es lässt sich aber auch mit einem schwalbenschwanzförmigen Ende (nach Fig. 110, S. 64) in der Mauer mit Gyps, Cement oder Blei festgiessen.

Fig. 808.



Bei den **Thürbändern** unterscheidet man das gerade Band, das Kreuzband, das verzierte oder verzweigte Band, das Aufsatzband oder Fischband, Charnierbänder, das Nieschenthürband, das Kanten-Winkelband etc. Das **gerade** Band zeigt Fig. 808; es heisst »kurz« wenn es nur über etwa $^1/_3$ der Thürbreite reicht und »lang« wenn es fast die ganze Thürbreite einnimmt. Dasselbe wird aus Flacheisen von 3 bis 5 Millim. Stärke angefertigt und nur für ordinäre zusammengespundete oder geleimte Thüren mit aufgenagelten oder eingeschobenen Querleisten verwendet. Um das Losnehmen der Bänder von aussen zu verhindern, muss man dieselben auf die innere Seite der Thür so aufnageln oder aufschrauben, dass sie auf die Querleisten treffen.

Fig. 809.

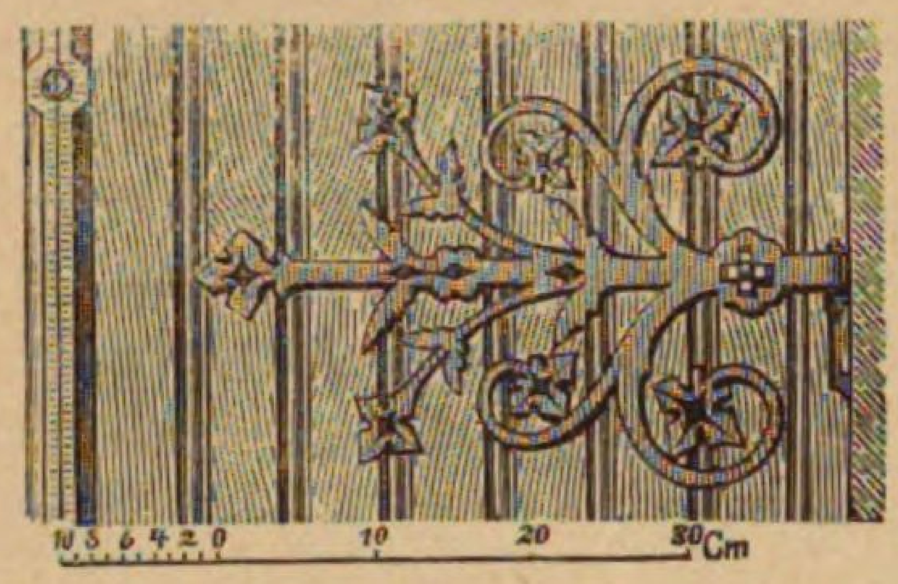


Das **Kreuzband**, Fig. 809, wird für Thüren mit Rahmhölzern angewendet und kann ebenfalls aufgenagelt oder aufgeschraubt werden.

Für Kirchenthüren findet namentlich das **verzierte** oder **verzweigte** Band,

Fig. 810, Anwendung. Bei diesem Bande müssen die Holzflächen der Thür möglichst eben sein, die schmalen eichenen Bohlen, woraus diese Thüren gebildet werden, erhalten daher als Verzierung meistens nur schmale angestossene Rundstäbchen. Zur Befestigung dieser Bänder werden ausser der an der innern Thürseite umgenieteten Nagelung in der Regel noch kleine durchgehende Bolzen mit vorstehenden Köpfen angewendet, die an der Innenseite der Thür durch Muttern angezogen werden können.

Fig. 810.



Die 3 bisher beschriebenen Thürbänder, wovon jeder Thürflügel gewöhnlich nur 2 Stück erhält, erfordern zu ihrer Aufhängung die oben erwähnten Spitz- oder Stützhaken, während die in Fig. 811 bis 815 dargestellten **Fisch-** oder **Aufsatzbänder** solche Haken nicht nöthig haben; Aufsatzbänder werden für bessere Thüren gewöhnlich angewendet. Sie sind entweder 2 oder 3theilig, werden aus $2^1/_2$ bis 5 Millim. starkem Eisenblech gebogen oder aus Glockenmetall gegossen und erhalten im Innern einen runden Dorn, den sogenannten Kegel, der in dem einen Theil festsitzt, während sich der andere Theil darauf dreht. Bei den Aufsatzbändern, Fig. 811 und 812, für leichtere Thüren, wird der untere Theil, worin der Dorn festsitzt, in das Thürfutter, der obere drehbare Theil aber in die Thür eingelassen und mittelst Holzschrauben angeschraubt; es lässt sich aber auch die entgegengesetzte Befestigungsweise anwenden, obgleich dieselbe ungewöhnlich ist.

Fig. 811.

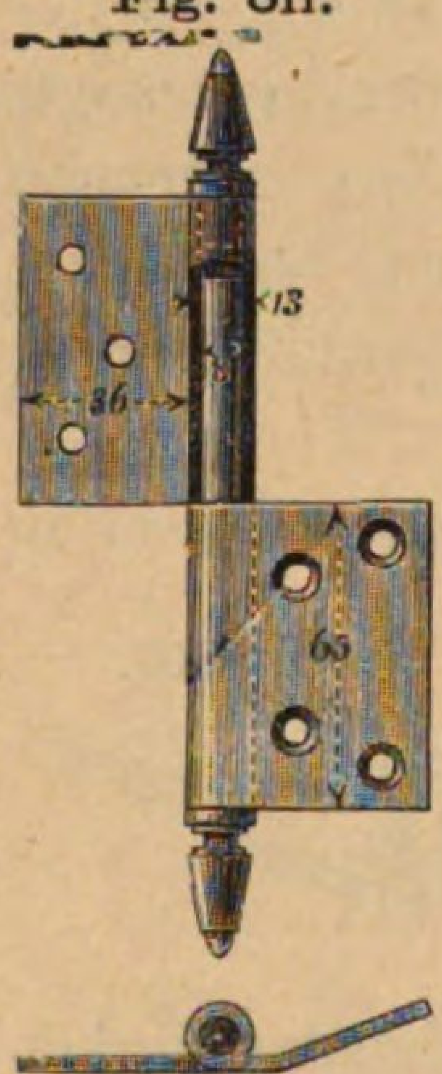
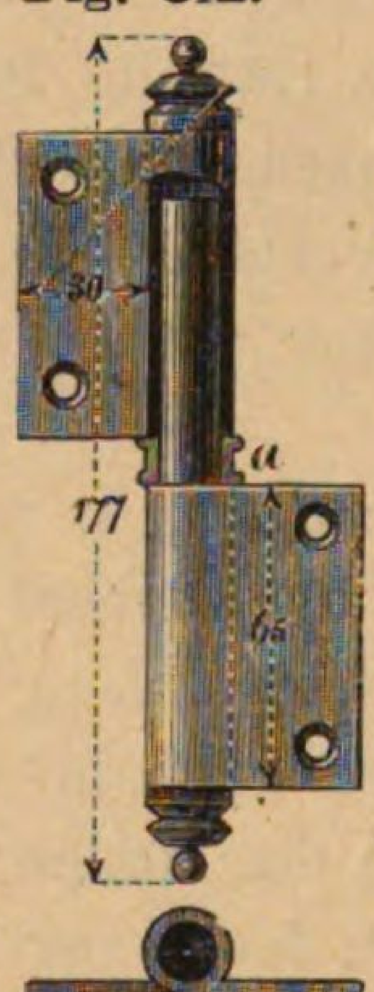


Fig. 812.



Wenn man, wie in Fig. 811, die beiden Theile des Bandes direct aufeinander reiben lässt, ist das lästige **Knarren** der Thür nur durch öfteres Einölen der aufeinander reibenden Flächen zu vermeiden; man kann dasselbe aber auch durch Unterlagringe *a*, Fig. 812, aus Rothguss oder Messing wirksam verhindern, da diese Metalle auf Eisen viel sanfter gleiten als Eisen auf Eisen. Messing reibt sich, weil es sehr weich ist, leicht durch, Rothgussringe sind desshalb vorzuziehen. Die verzierten Knöpfe des Bandes, Fig. 811, sind aus Rundeisen gedreht und greifen mit Zapfen in die Hülsen ein; der Preis dieses Bandes beträgt etwa 1 Mark. Bei dem Bande Fig. 812 bestehen die Knöpfe aus Rothguss. Das grössere Aufsatzband Fig. 813 kostet etwa $1^3/_4$ Mark, dasselbe dient für schwerere Thüren und jeder Thürflügel erhält meistens 3 solche Bänder.

Fig. 813.

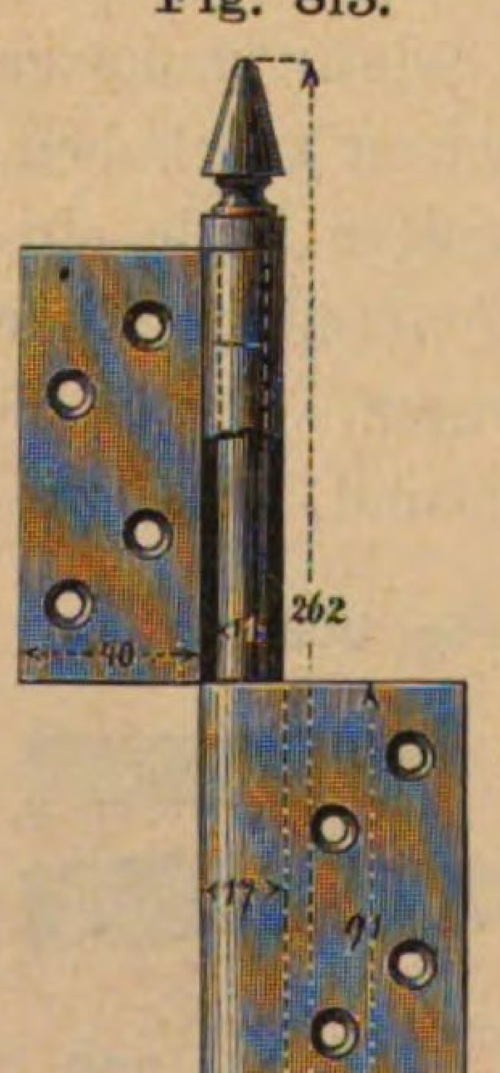


Fig. 814.

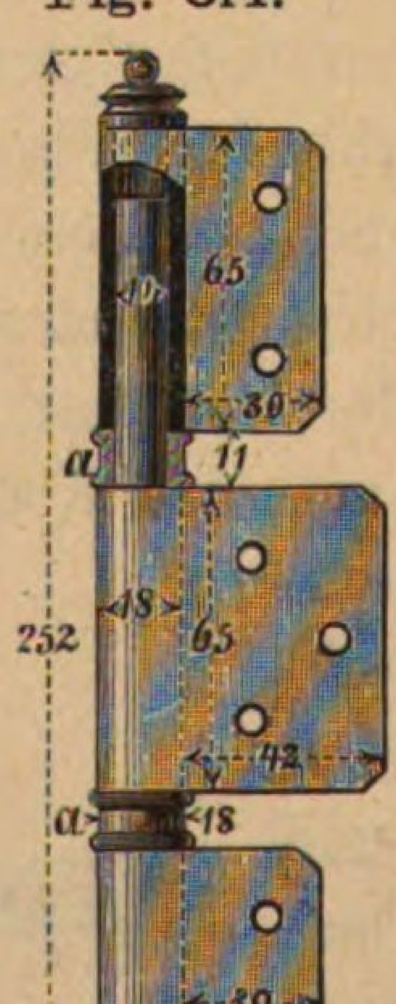
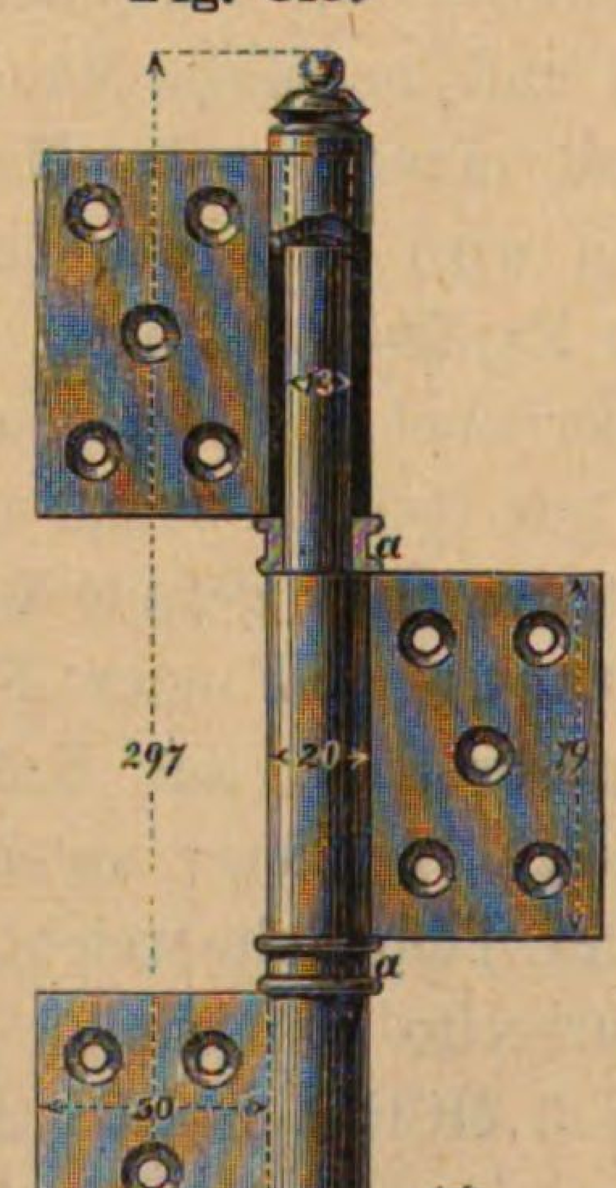


Fig. 815.

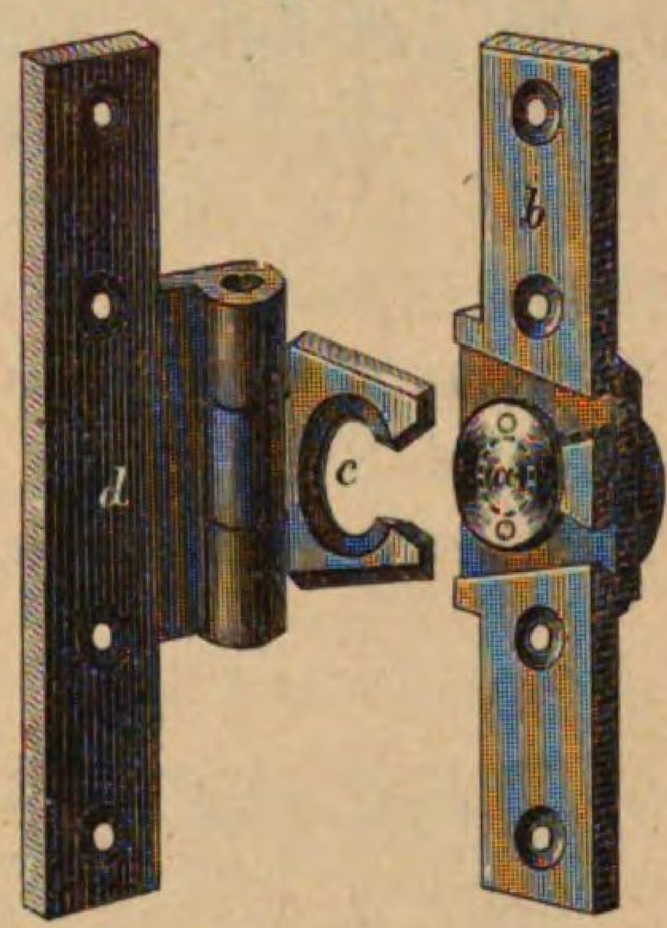


Für sehr schwere Thüren verwendet man besser 3theilige Aufsatzbänder, indem diese mehr Festigkeit haben und dauernd einen gleichmässigeren Gang der Thür erzeugen. Fig. 814 und 815 zeigen solche in der Ansicht und im Grundrisse. Der obere und untere Theil des Bandes

wird am Futterrahmen befestigt, der mittlere Theil dagegen an der Thür; die durch Rundstäbe verzierten Ringe *a* und die beiden sogenannten Knöpfe bestehen bei diesen Bändern aus Rothguss; bei **Hauschild** in Berlin kostet das Band Fig. 815 etwa $5^1/_2$ Mark. Man giebt solchen Thürbändern bei sauberer Bearbeitung oft einen Nickelüberzug, wodurch sie ein Aussehen erhalten als ob sie aus Silber gefertigt wären. Zweitheilige Aufsatzbänder gestatten ein Abheben der Thür von den Zapfen, wenn die Thür ganz vor die Bekleidung vortreten kann, bei den 3theiligen Bändern aber muss der innere Dorn aus den Hülsen herausgeschlagen werden, wenn die Thür losgenommen werden soll.

Für Thüren, welche innerhalb tiefer Nieschen aufschlagen oder auch nur wenig im Futter vertieft liegen, empfiehlt sich das in Fig. 816 dargestellte Thürband*), welches zuerst in Belgien ausgeführt ist und wodurch das Aus- und Einhängen dieser Thürflügel in einfacher Weise ermöglicht wird. Es besteht aus den beiden Theilen *b* und *d*, wovon der eine Theil am Thürflügel, der andere am Futter zu befestigen ist. Der mit *d* verbundene drehbare Theil *c* passt in *b* und greift hinter die Mutter *a*, welche durch einen Schlüssel mit 2 Zapfen auf dem Schraubenbolzen umgedreht werden kann und in *c* versenkt ist. Wird *a* durch einige Umdrehungen zurückgeschraubt und *c* in *b* eingeschoben, dann *a* wieder festgeschraubt, so greift *a* in die Versenkung von *c* und bildet mit *c* und *b* eine ebene Fläche, während die beiden Theile *b* und *d* fest und sicher miteinander verbunden sind.

Fig. 816.



Das Band kann fast völlig unsichtbar gemacht werden, wenn man die Thürbekleidung mit einem Rundstabe abschliesst, der gleiche Stärke mit dem runden Charnier des Bandes hat und dieses in sich aufnimmt. Bei exactem Anschlagen hat sich das vorstehende Band vielfach trefflich bewährt, dabei ist der Preis desselben kein höherer als der eines andern ordentlichen Bandes.

Charnierbänder bestehen nach Fig. 817 aus zusammengebogenen rechteckigen, etwa 1 bis 3 Millim. starken Blechplatten, die mit mindestens 3 Hülsen, durch welche ein Stift oder Dorn hindurchgesteckt wird, ineinander greifen. Der Dorn wird entweder an beiden Enden vernietet, oder nur an einem Ende, während das andere Ende einen Kopf erhält. Die Einrichtung der Charnierbänder hat mit den 3theiligen Aufsatzbändern einige Aehnlichkeit, doch werden die ersteren gewöhnlich nur für leichte Tapetenthüren angewendet, wo die Charnierhülsen nicht vor der Wand vortreten und sichtbar werden dürfen. Ein Band mit 5theiliger Charnierhülse zeigt Fig. 818, diese haben einen sanfteren Gang als die 3theiligen und gewähren eine grössere Festigkeit. Man kann die Charnierbänder auch in der Weise anschlagen, wie es der Grundriss Fig. 818 zeigt.

Fig. 817.

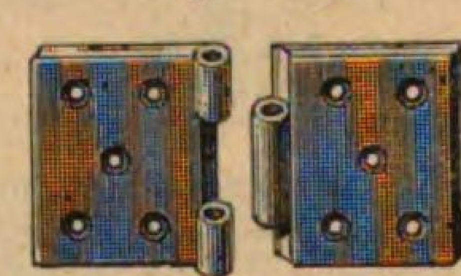
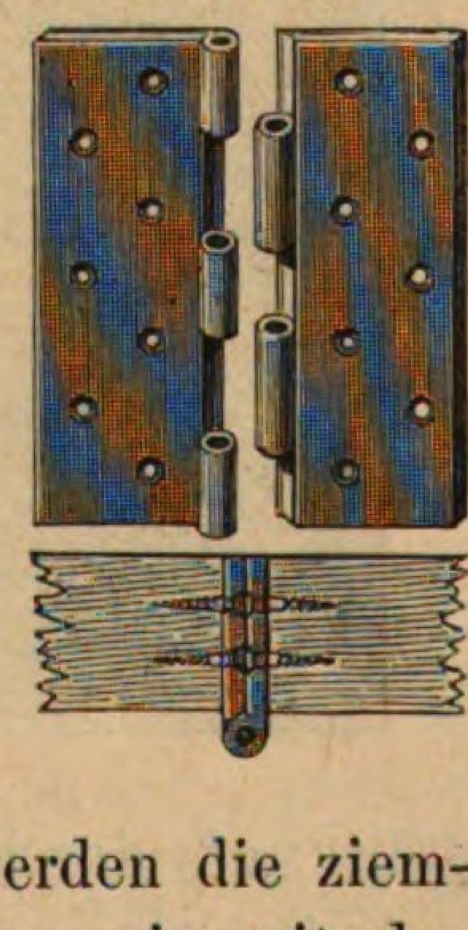


Fig. 818.



Die vorstehend beschriebenen Bänder lassen sich auch **kröpfen** oder so umbiegen, dass sie weiter als gewöhnlich aufschlagen oder sich um eine vorspringende Mauerecke herumlegen lassen, doch werden solche Constructionen selten angewendet.

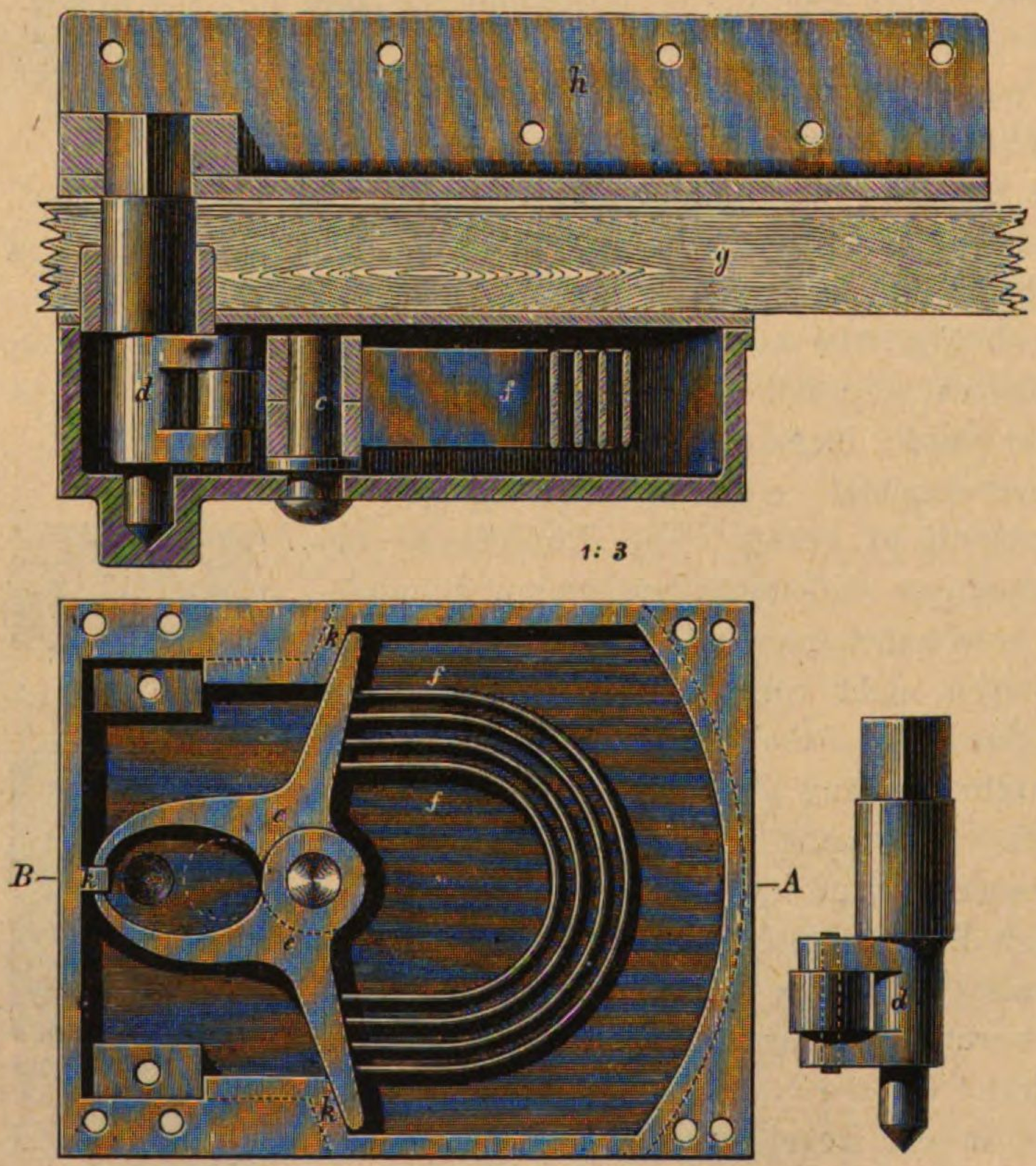
Kanten-Winkelbänder werden in der Regel nur für Thorwege angewendet, sie werden aus starkem Flacheisen, welches gewöhnlich die Dicke des Thorflügels zur Breite hat, im rechten Winkel gebogen und werden die ziemlich langen Schenkel an den Kanten der Thorflügel so eingelassen, dass sie mit den Holzkanten abschneiden und durch starke Holzschrauben befestigt; der verticale Schenkel dieser Bänder erhält unten oder oben eine kräftige Hülse, worin die Drehzapfen ein-

*) Deutsche Bauzeitung 1870. S. 134 und 157.

greifen. Der Thorflügel wird nun in der Weise aufgehängt, dass im Fussboden mittelst 4 Schrauben eine quadratische Platte befestigt wird, in deren Mitte ein kurzer aufrechtstehender Stahlzapfen, der sogenannte Kegel, festgenietet ist, worauf die Hülse des unteren Bandes sich dreht; der Zapfen kann auch in der Hülse des Bandes festsitzen, in diesem Falle bildet die im Fussboden befestigte Platte eine **Pfanne** für den eingreifenden Zapfen. In der Hülse des oberen Bandes sitzt der vor das Band vortretende Zapfen meistens fest und dreht derselbe sich in einem **Halseisen**, welches eingemauert oder im Gewände anderweitig gut befestigt ist. Meistens besteht das Halseisen aus einem starken hochkantig gestellten Flacheisen, woran die vordere Hülse, die den Zapfen aufnimmt, angebogen oder angeschweisst ist; dasselbe muss in der Mauer gut verankert sein, weil das Gewicht des Thorflügels bestrebt ist, es heraus zu ziehen.

Zweckmässig eingerichtete **Zug-** oder **Windfangthüren** müssen sich nach beiden Seiten, rechts und links, öffnen lassen und die geschlossene Stellung durch geeignete Zutreibefedern gleich nach dem Oeffnen wieder annehmen, ohne längere Zeit hin und herzupendeln. Von den zu diesem Zwecke zahlreich construirten Thürbändern ist das *Patent-double-action-door-spring* von **Archibald Smith & Comp.** in London jedenfalls eines der sichersten und dauerhaftesten, dasselbe ist in Fig. 819 im Grundrisse und im Schnitte nach der Linie *A-B* in $^1/_3$ der wirkl. Grösse dargestellt. In der unteren Wand eines gusseisernen Kastens ist der Bolzen *c* festgenietet, um diesen drehen sich die beiden Winkelarme *e*, welche von den 4 Federn *f* fest gegen die Wandung *k* gedrückt werden. Zwischen den beiden Armen *e* befindet sich der Zapfen *d*, der oben einen 4eckigen Ansatz hat, worauf das Thürband *h* aufgeschoben ist; dieses besteht aus Winkeleisen von 5 × 52 Millim. Schenkelstärke und wird hierauf der Thürflügel durch seitliche Holzschrauben befestigt. An der Stelle wo das Winkeleisen auf dem Viereck des Zapfens *d* aufsitzt, hat es eine aufgenietete Verstärkung, damit es nicht zu leicht locker wird. Der Zapfen *d*, in der Fig. 819 noch separat dargestellt, hat 2 kurze Arme, zwischen denen sich eine Rolle befindet, welche die im Grundrisse punktirte Stellung einnimmt, wenn die Thür geschlossen ist. Der ganze Kasten liegt unterhalb des Fussbodens *g*, er wird mit Oel gefüllt und durch eine Platte dicht abgedeckt, damit nicht Sand und Schmutz hineingelangen kann; die einmalige Oelfüllung des Kastens genügt für eine Reihe von Jahren zur Schmierung der beweglichen Theile.

Fig. 819.



Beim Oeffnen der Thür dreht das Thürband *h* den Zapfen *d* und die daran befestigte Rolle drückt einen der Arme *e* zur Seite, wodurch die Federn *f* gespannt werden, die nach dem Loslassen der Thür den Arm *e*, den Zapfen *d* und somit die Thür in die geschlossene Stellung zurück werfen. Die Vorzüge dieses Thürbandes bestehen darin, dass

die Federkraft durch Abheben oder Zusetzen von einzelnen Hülfsfedern regulirt werden kann, dass die Federkraft im geschlossenen Zustande der Thür noch kräftig wirkt, dass die Thür nicht heftig zugeworfen wird, sondern leicht, ungezwungen und ohne Lärm zugeht. Das vorstehend beschriebene Thürband wurde von **Gebr. Bauer** in Breslau geliefert, es kostete mit dem oberen Thürbande zusammen ca. 40 Mark.

Fig. 820.

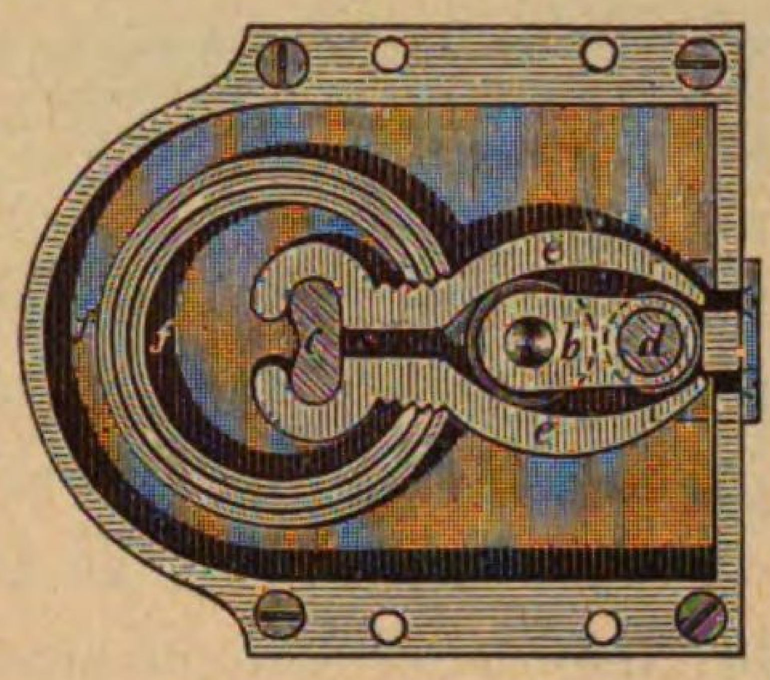
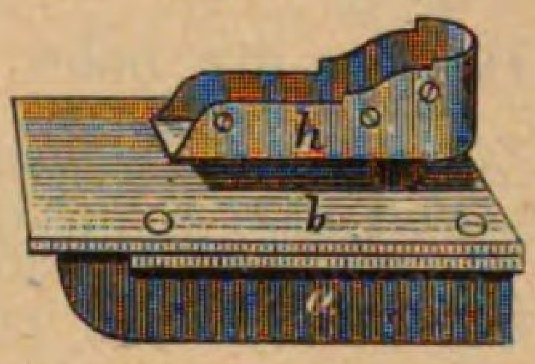
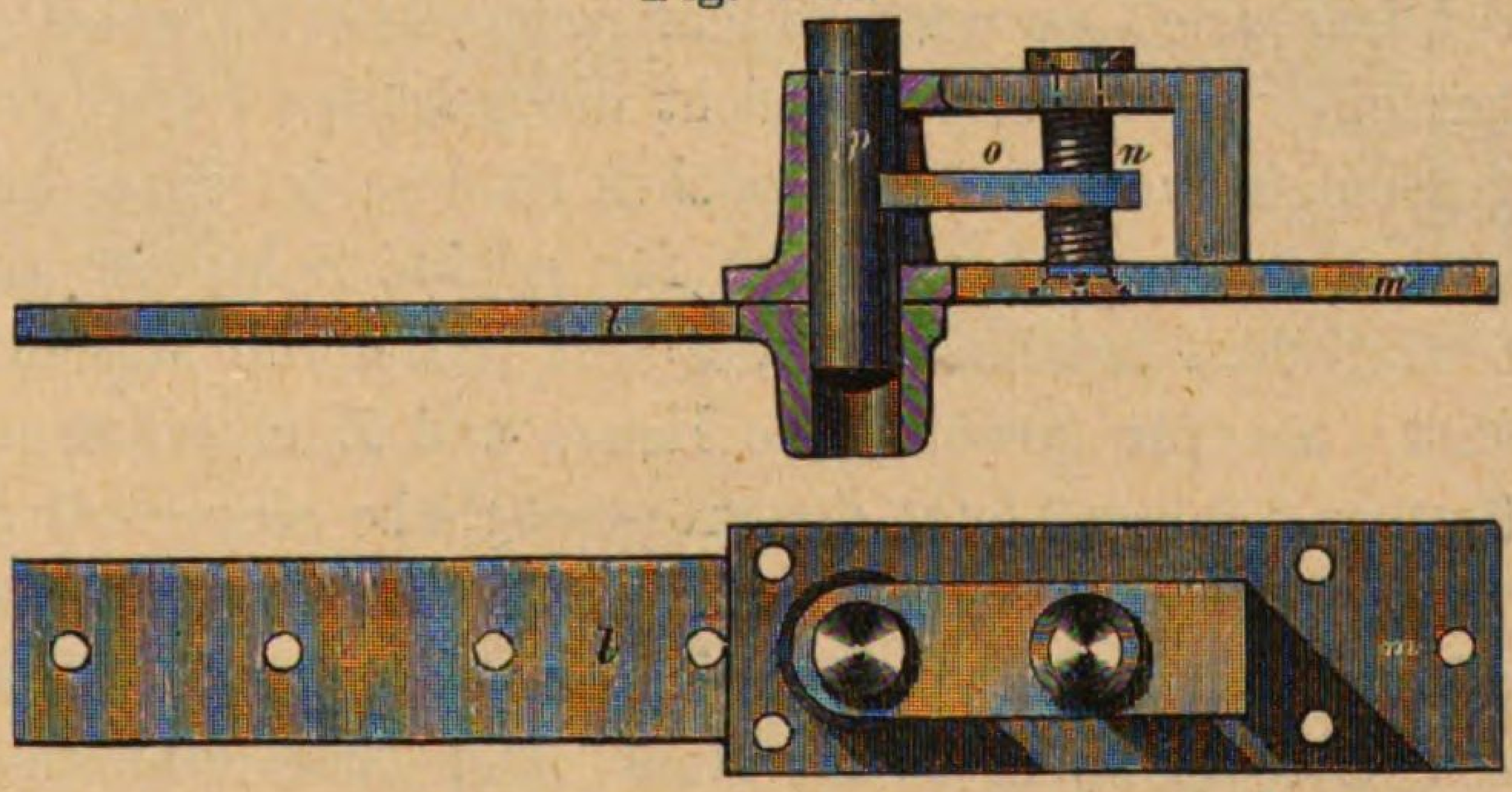


Fig. 821.



Nach demselben System, jedoch in einfacherer Construction, werden solche Thürbänder von **Louis Koch***) in Berlin geliefert. Den Grundriss derselben zeigt Fig. 820 und hat das gusseiserne Gehäuse 20 Centim. Länge, 14 Centim. Breite und 5 Centim. Tiefe; es wird mit einer Messingplatte geschlossen. Die einzelnen Theile sind wie in Fig. 819 bezeichnet; *d* ist der Zapfen, worauf das Thürband sitzt und woran die beiden Arme *b*, welche die Rolle zwischen sich aufnehmen, befestigt sind. Die Arme *e* drehen sich um den hier länglich gestalteten Zapfen *c*, gegen welchen sie durch die Federn *f* gegengepresst werden. Das ganze Gehäuse wird durch die 4 Schrauben unterhalb des Fussbodens befestigt; die Ansicht desselben im verschlossenen Zustande giebt Fig. 821, wo *a* das Gehäuse, *b* die Verschlussplatte und *h* den Messingschuh bezeichnet, der die untere Thürecke aufnimmt. Wird die Thür so weit geöffnet, dass der Drehwinkel 90° um ein Geringes überschreitet, so bleibt dieselbe ohne weitere Befestigung offen stehen. Für Windfangthüren bieten diese Thürbänder also die beste Einrichtung, welche bisher bekannt geworden ist, und haben dieselben sich seit etwa 12 Jahren vollständig bewährt.

Fig. 822.



Das zu diesem Apparate erforderliche Band am oberen Ende der Thür zeigt Fig. 822 im Grundrisse und im theilweisen Verticalschnitte in $^1/_3$ der wirkl. Grösse; *l* ist das auf dem Thürflügel befestigte Band, dessen Hülse sich um den Zapfen *p* dreht, der in einem Gehäuse *m* sitzt, welches im Thürfutter befestigt wird. Auf der Schraube *n*, die durch einen Schraubenzieher von unten drehbar ist, sitzt der Arm *o*, der in den Zapfen *p* eingreift und wodurch dieser ganz aus der Hülse des Bandes *l* herausgehoben werden kann, wenn die Thür ausgehoben werden soll. Damit der Zapfen *p* in den Hülsen nicht festrosten kann, wird das ganze Band gewöhnlich aus Messing oder Rothguss construirt. Herr **Koch** in Berlin wendet anstatt des Armes *o* einen kleinen Hebel zum Ausheben des Zapfens *p* an, was jedenfalls zweckmässiger ist. Derselbe liefert die completten Windfangthürbänder in 4 verschiedenen Sorten, je nach dem Gewichte der Thüren, pro Thürflügel zu den Preisen von 15, 21, 27 und 48 Mark; auch liefert diese Fabrik alle übrigen Constructionsarten von Windfangthürfedern und Thürzuwerfapparaten.

Als **Verschluss** der Thüren dient im Allgemeinen die **Drückerfalle**, das **Schloss** und der **Riegel**, wovon die beiden ersteren Theile gewöhnlich, oft aber auch alle 3 Theile combinirt sind. Die **Falle** wird mittelst **Drücker** geöffnet und **fällt** beim Zudrücken der Thür durch Federkraft wieder zu. Wird die Falle durch den Drücker **gehoben**, so heisst sie »fallend«, und »schiessend«, wenn der Drücker sie in horizontaler Richtung zurückzieht; die letztere Art wird jetzt meistens angewendet. Durch die Falle wird wohl die

*) Beschrieben in der Deutschen Bauzeitung 1874. S. 187 und 240.

Thür verschlossen gehalten, da sie aber durch die Drücker leicht geöffnet werden kann, so gewährt sie gegen unbefugtes Oeffnen noch keine Sicherheit. Diese Sicherheit erhält die Thür erst durch das eigentliche **Schloss**, dessen **Schlussriegel** nur durch einen besondern Schlüssel hin und her bewegt werden kann. **Riegel** für sich allein werden nur als Verschluss von Innen für sehr ordinäre Thüren angewendet; dagegen kommen sie in Verbindung mit Falle und Schloss zur grösseren Sicherheit des Verschlusses als sogenannte Nachtriegel sehr oft vor.

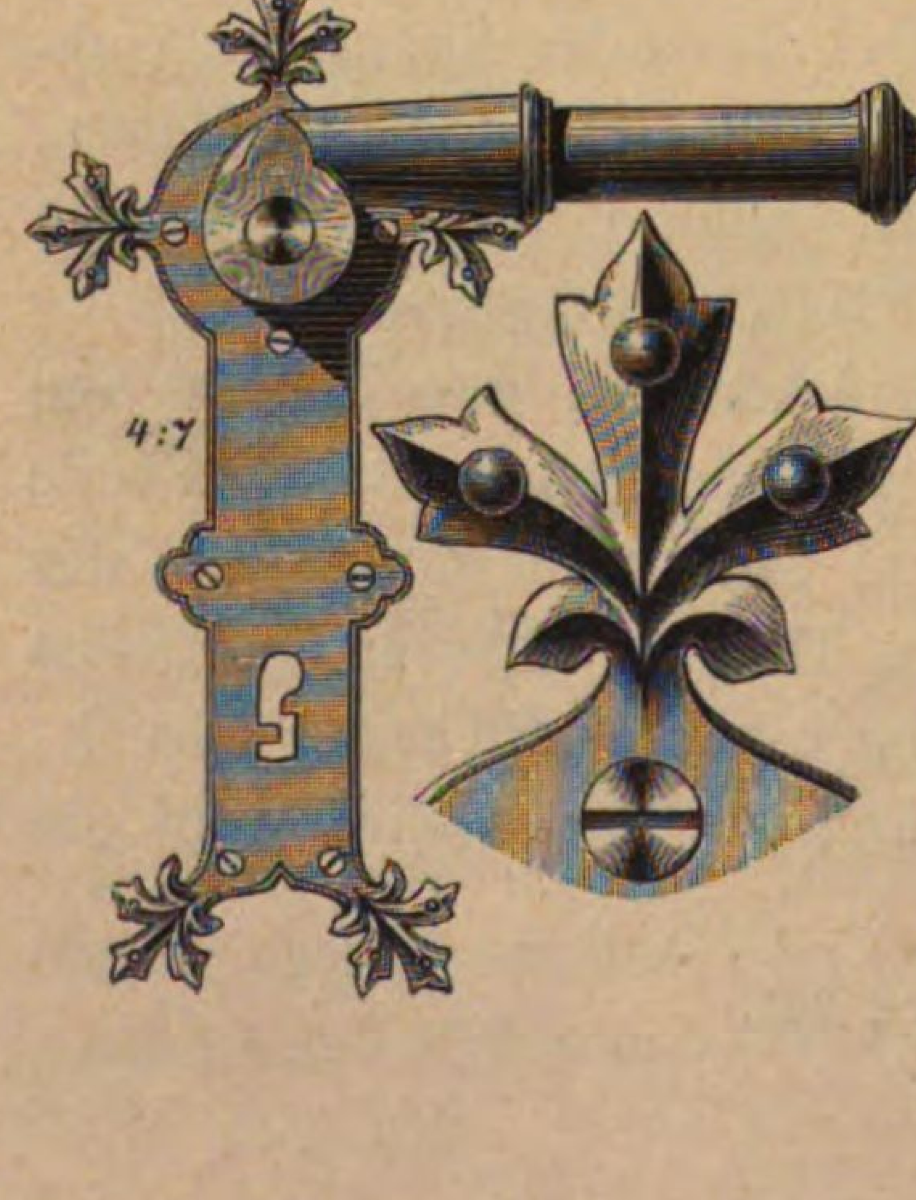
Der äusseren Form nach unterscheidet man das **Kastenschloss** und das **eingesteckte** Schloss; das letztere heisst auch wohl das »französische«, obwohl in Frankreich Kastenschlösser die vorherrschenden sind. Das Kastenschloss wird auf der einen Seite der Thür befestigt, wodurch der Schlüssel von beiden Seiten ungleich tief hineingesteckt werden muss und daher eine übermässige Länge erhält. Das eingesteckte oder eingestemmte Schloss wird in den Thürflügel eingestemmt, so dass an den beiden Seiten der Thür Holzplatten stehen bleiben, die das Schloss verdecken. In Deutschland wird dieses Schloss für innere Thüren fast allgemein angewendet.

Hier näher auf die Details der Schlossconstructionen einzugehen, würde zu viel Raum in Anspruch nehmen und dürften dieselben auch zu allgemein bekannt sein. Erwähnt mag noch werden, dass zum Verschluss von Schiebethüren ein **Springhakenschloss** erforderlich ist. Bei diesem befinden sich im vorderen Theil des Schlussriegels 2 П-förmige Haken, die beim Zuschliessen der Thür hinter das Schliessblech des 2. Thürflügels springen und Schloss und Schliessblech fest zusammenhalten.

Die gewöhnlichen Schlösser sind leicht durch Nachschlüssel oder **Dietriche** in unbefugter Weise zu öffnen; will man eine grössere Sicherheit des Verschlusses erreichen, so verwendet man sogenannte Kunstschlösser, nämlich das **Chubb**'sche Schloss und das **Brahma**-Schloss. Das erstere ist von dem Engländer **Chubb** erfunden und hat im Innern eine beliebige Anzahl Zuhalter aus Messing, mit kleinen Federn aus Stahl versehen, die den Schlussriegel zuhalten. Hierbei muss der Schlüsselbart, ausser dem eigentlichen Schliessbarte, so viel stufenförmige Absätze erhalten, wie Zuhaltungen vorhanden sind; hat einer dieser Absätze nicht die gehörige Länge, so kann der Schlussriegel nicht zurückgeschoben werden. Ein solches Schloss ist **ohne** den richtigen Schlüssel daher schwer zu öffnen und erfordert selbst für geübte Schlosser eine tagelange Arbeit. In neuerer Zeit fertigt man solche Schlösser mit Hülfe von Maschinen, wesshalb sie auch billig genug sind, um für gewöhnliche Haus- und Zimmerthüren Anwendung finden zu können. Das **Brahma**-Schloss bietet die grösstmögliche Sicherheit des Verschlusses, wesshalb es vorzugsweise als Hauptverschluss für Geldschränke etc. angewendet wird; doch hat dieses Schloss den Nachtheil, dass es nur von einer Seite der Thür geschlossen werden kann; aus diesem Grunde findet es für Haus- und Zimmerthüren keine Anwendung.

Die **Drücker** von den Fallen der Thürschlösser, welche 1,2 bis 1,3 Meter hoch über den Fussbogen angebracht werden, erhalten solche Formen, welche sich möglichst bequem von der Hand anfassen lassen, die also namentlich keine scharfen Kanten haben, wovon die Hand beim Angreifen des Drückers verletzt werden könnte. Im Uebrigen ist ihre Form vom Geschmacke und einigermassen von dem Baustyle abhängig, worin das Gebäude ausgeführt ist. Sie drehen sich in **Schildern**, in denen auch das Schlüsselloch eingefeilt ist, oder in Rosetten; beide Theile werden am zweckmässigsten **auf** den Aussenseiten der Thür durch Holzschrauben befestigt und nicht in das Holz eingelassen, da die Thür ohnehin durch das eingestemmte Schloss erheblich geschwächt ist. Fig. 823 zeigt einen zweckmässig geformten Drücker mit dem Thürschilde in gothischen

Fig. 823.



Formen, von dem bekannten Architekten **Märtens** in Kiel entworfen. Das Thürschild besteht aus Schmiedeeisen, der Drücker aus Gusseisen und ist das Detail des Blattwerkes vom Thürschilde in Fig. 823 in wirkl. Grösse separat gezeichnet. Feinere Thürdrücker werden aus Messing, Rothguss, Bronze, oder aus diesen Metallen in Verbindung mit Horn, Elfenbein, edleren Holzarten, Glas, Porzellan etc. hergestellt; auch Schmiedeeisen in sauberer Bearbeitung wird hierzu öfter angewendet.

Einfache Thürdrücker aus Messing, welche in Wien sehr gebräuchlich sind, zeigt Fig. 824; dieselben sind hier für eine Flügelthür angewendet gedacht, so dass die Fig. 824 einen Horizontalschnitt durch die Thür giebt. *a* sind die Schlagleisten der Thür, *b* ist das eingesteckte Schloss, *c* sind die Schilder und *d* die Drücker von 8eckiger Querschnittform. Die letzteren haben quadratische Oeffnungen, welche den durch die Nuss der Falle hindurchgehenden quadratischen 7 bis 8 Millim. starken Drückerstift aufnehmen und ist dieser in den Drückern mittelst schwacher Querstifte befestigt. Der Drücker*) Fig. 825 darf am hintern Ende nicht zu schwer gemacht werden, damit er die Federn der Falle nicht zu stark beansprucht. Der vom Herrn Prof. **M. Gropius** entworfene Drücker Fig. 826 zeigt eine sehr gefällige und zweckmässige Form; ebenso der in Fig. 827 dargestellte, von Herrn Oberbaurath **H. v. Ferstel.** Fig. 828 giebt einen Drücker, der von Herrn Baurath **Wäsemann** für eine Villa bei Breslau ausgeführt ist; derselbe dürfte etwas zu schwer auf die Federn der Falle einwirken.

Fig. 824.

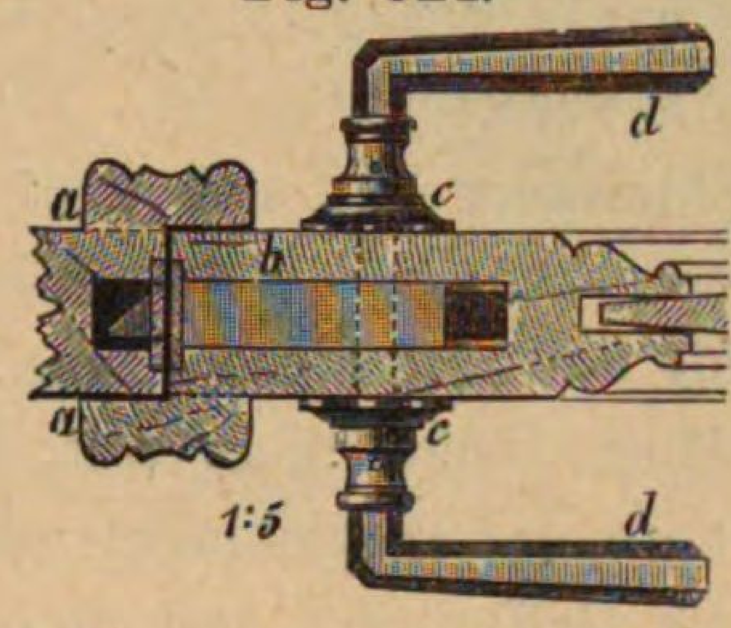


Fig. 825.



Fig. 826.



Fig. 827.

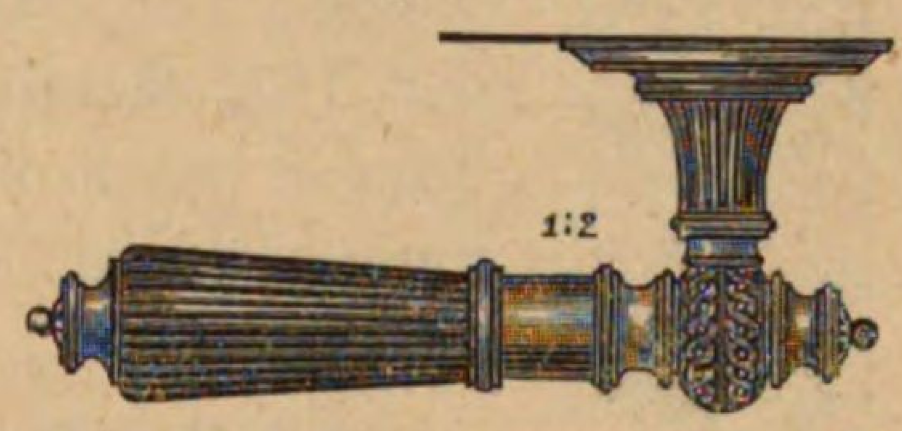
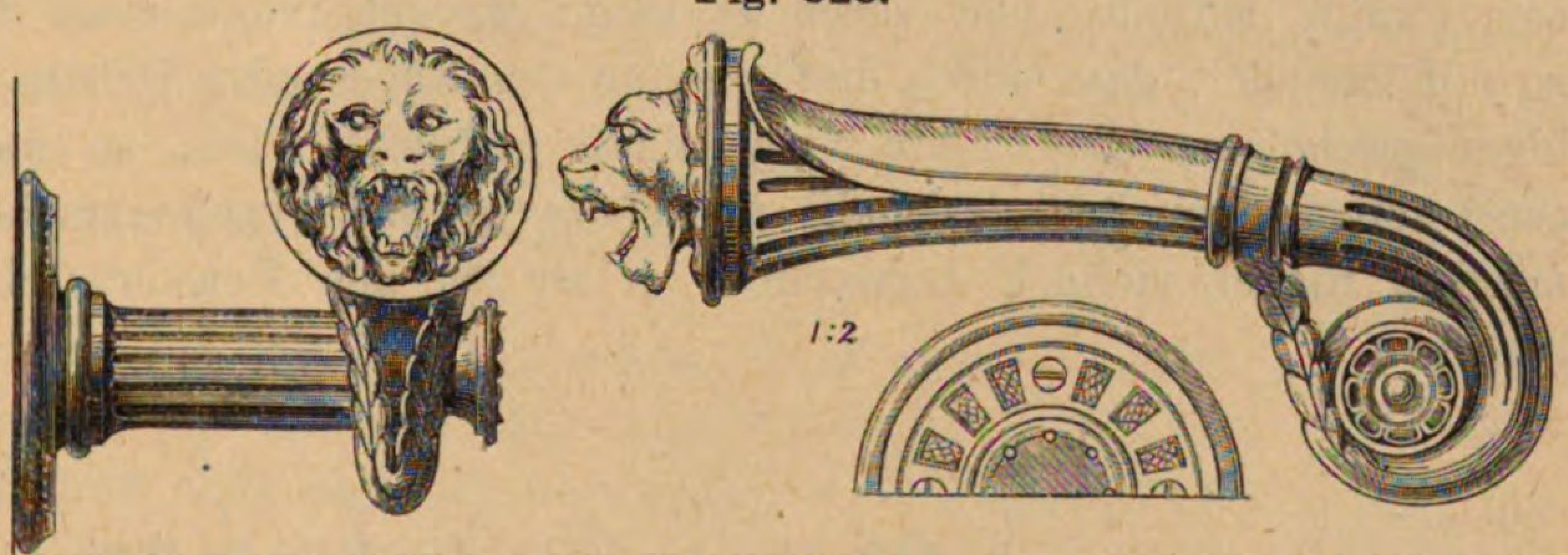


Fig. 828.



Die in Fig. 829 dargestellten Drücker bestehen aus Messing mit einem Griff aus Büffelhorn; **Peter Haffner** in Saargemünd liefert ein paar solche Drücker zum Preise von 5 Mark. In der Regel steht der Griff des Drückers, wenn es die Form gestattet, nicht rechtwinklig zur Axe der Nuss, sondern er bildet mit dieser einen stumpfen Winkel von etwa 95°, wodurch er sich bequemer angreifen lässt. Fig. 830 zeigt noch eine sehr gebräuchliche Drückerform mit einem Griff aus Elfenbein, der letztere kann aber auch aus gefärbtem Glase, Porzellan etc. bestehen. Die Rosette des Drückers, in $^1/_4$ der wirkl. Gr. gezeichnet, wird aus Messing oder Rothguss hergestellt.

Fig. 829.

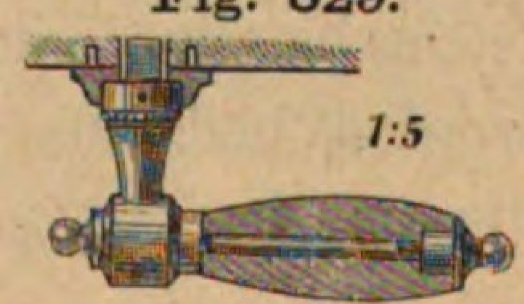
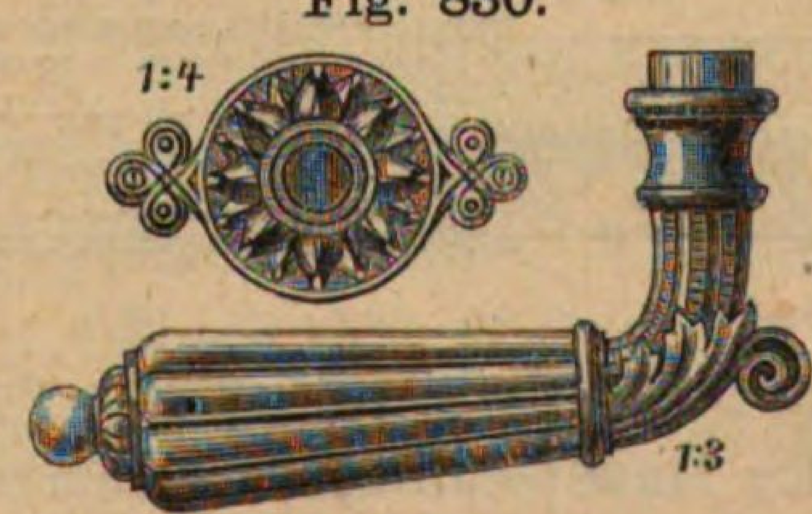


Fig. 830.

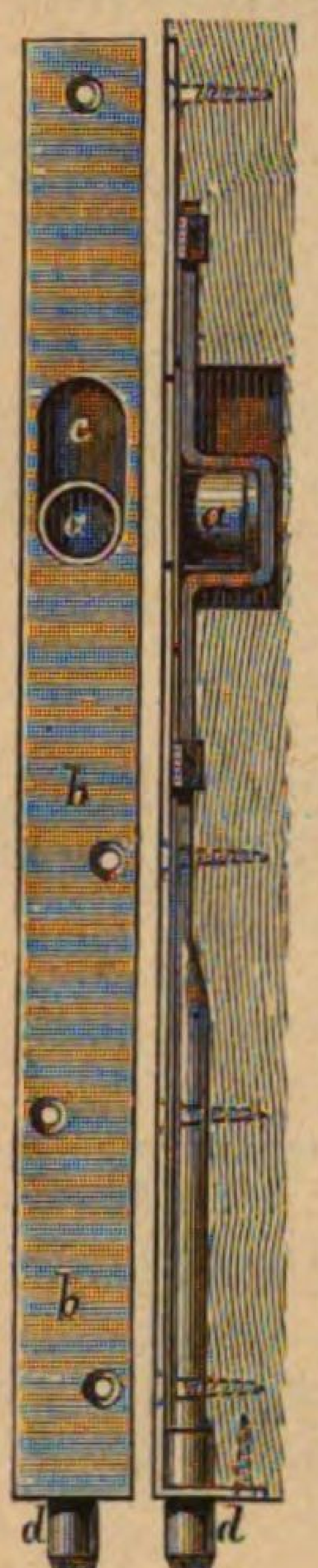


Zum festen Verschluss einer Flügelthür ist es erforderlich, dass der nicht mit dem Schlosse versehene Flügel sich mit dem Fussboden und mit dem Thürfutter fest verriegeln

*) Ein schöner Thürdrücker von **Kolscher** ist mitgetheilt in der Gewerbehalle 1863, S. 153; zwei andere prächtige Drücker in den vom Herrn Ober-Hofbaurath **Strack** herausgegebenen Tafeln »Architektonische Details«.

lässt. Diese Verriegelung der Flügelthüren geschieht durch den **Kantenriegel**, der seinen Namen daher hat, dass er an der innern Kante der Thür festgeschraubt wird, wo er bei geschlossener Thür dem Blicke völlig entzogen ist. In Fig. 831 ist ein solcher Kantenriegel in der Vorder- und Seitenansicht in $^1/_5$ der wirkl. Grösse dargestellt. Das Deck- oder Schliessblech *b* ist im rechten Winkel gebogen und wird durch Holzschrauben an die Thürkante, wo es in das Holz eingelassen ist, festgeschraubt; dasselbe hat für gewöhnliche Flügelthüren etwa 2 Millim. Dicke und ca. 3 Centim. Breite. Bei *c* hat das Deckblech eine 5 Centim. hohe Oeffnung, worin der 2 Centim. weite, $2^1/_2$ Centim. im Aeussern starke Messingcylinder *a* verschiebbar ist. Der eigentliche Riegel *d*, der unten etwa 13 Millim. Durchmesser hat und durch das Deckblech *b* hindurch geht, ist an einer dünneren Stange an dem Bleche *b* entlang geführt, über den Cylinder *a* gekröpft und mit diesem vernietet, so dass der Riegel *d* sich durch *a* verschieben lässt, wenn man mit dem Finger hinein greift. Hinter der Oeffnung *c* liegt an der Riegelstange ein dünnes Blech, welches entsprechend länger ist als die Oeffnung *c* und diese verdeckt hält. An jeder Flügelthür werden gewöhnlich 2 solche Kantenriegel angeschlagen, der eine an die untere, der andere an die obere Thürkante. Der letztere muss so weit an der Thür heruntergeführt werden, dass er von einer mittelgrossen Person bequem zu erreichen ist. Das Herabgleiten der Riegelstange wird durch kleine Federn, die zwischen dieser und dem Deckbleche angebracht sind, verhindert.

Fig. 831.

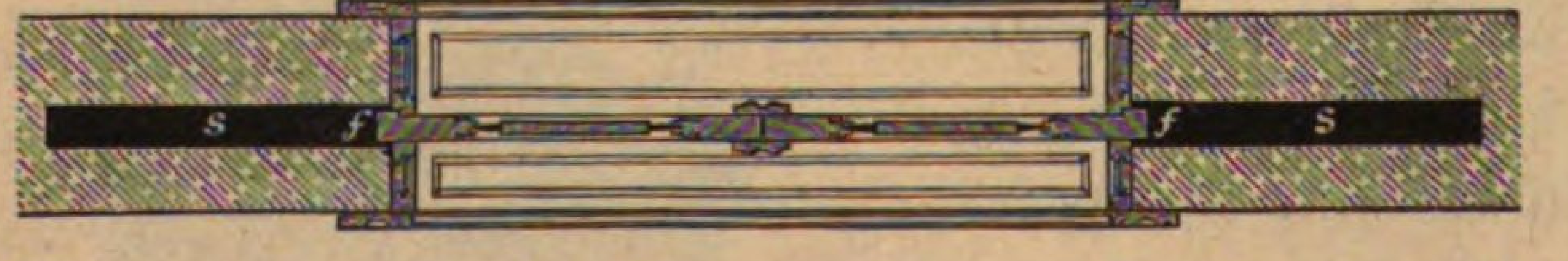


Führt man den unteren Riegel durch eine schwache Stange bis etwa 1,3 Meter über den Fussboden und den oberen Riegel ebenfalls bis zu diesem Punkte herunter und verbindet beide Stangen durch einen Hebel oder ein Zahnrad so mit einander, dass durch die Drehung des Rades oder Hebels gleichzeitig eine Stange hinaufgeschoben, die andere aber hinab gedrückt wird, so nennt man diese Riegelconstruction einen **Baskuleriegel**. Als Thorweg- und Fensterverschluss wird dieser zweckmässige Riegel vielfach verwendet, er ist bei den Fensterbeschlägen eingehender besprochen.

§. 119. Construction der Schiebethüren.

Grosse Schiebethüren werden oft zwischen eleganten Wohnräumen ausgeführt, wo man die Thüröffnung mit Portieren oder Vorhängen theilweise verhängt und einen Durchblick durch eine längere Zimmerreihe wünscht; hier würden Klappthüren die Portieren leicht in Unordnung bringen und beschädigen. Die Schiebethüren im Innern der Gebäude werden meistens in die Mauer hineingeschoben, wenn sie geöffnet werden sollen. Zu diesem Zwecke muss die Mauer einen entsprechend tiefen Schlitz *s*, Fig. 832, erhalten, der genügend breit ist, damit die Thür nicht an ein vorspringendes Steinstückchen anstossen kann. Im Futter muss die Thür einigen Spielraum haben, weil sie sonst beim Hin- und Herschieben leicht Schrammen erhält; um nun der Thür einen einigermassen dichten Schluss zu geben, bringt man im Innern des Mauerschlitzes, zwischen Futter und Thür, an der letzteren einen breiteren Falz *f* an.

Fig. 832.



Aufgehängt werden die Schiebethüren an schmiedeeisernen Bügeln, in denen Rollen befestigt sind, die auf einer Schiene aus hochkantig gestellten Flacheisen laufen; hierdurch wird die Reibung sehr gering, so dass die Thür sich leicht zur Seite schieben lässt. In Fig. 833 ist die Seitenansicht, in Fig. 834 der Querschnitt durch eine derartige

zweckmässig construirte Thüraufhängung dargestellt. An den für jede Thürhälfte erforderlichen beiden aus Gusseisen oder Messing bestehenden Rollen *a* hängen die Bügel *b*, woran die Thür *h* aufgehängt ist. Die Rollen laufen auf der oben abgeschrägten Schiene *d*, welche durch die doppelten Winkel *c* seitlich an dem über der Thüröffnung liegenden Träger festgeschraubt ist. Anstatt der hölzernen Träger wird man besser eiserne anwenden, woran die Flachschiene *d* dann noch in soliderer Weise befestigt werden kann. Um das Einhängen der Thür zu ermöglichen, muss das Futterstück *e* erst dann angebracht werden, wenn die Thür bereits aufgehängt ist; es kann aber auch an den Charnierbändern *f*, Fig. 834, befestigt werden, damit man es bei etwaiger Reparatur oder Schmierung der Rollen aufklappen kann.

Fig. 833.

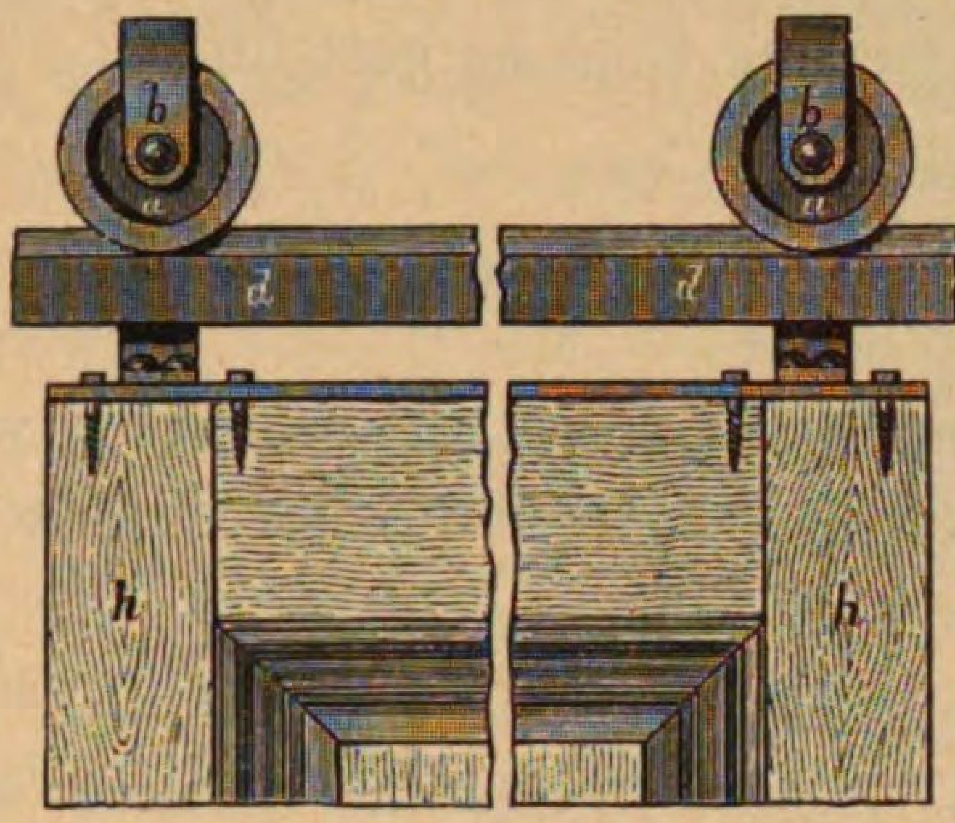
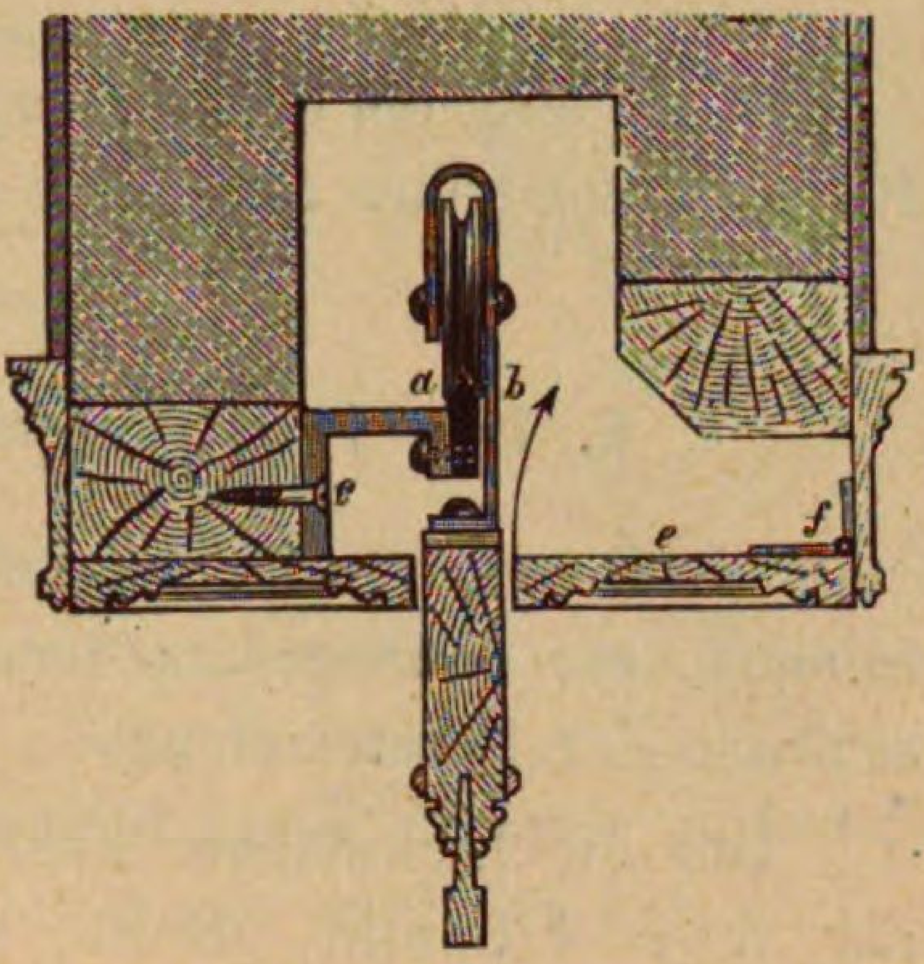
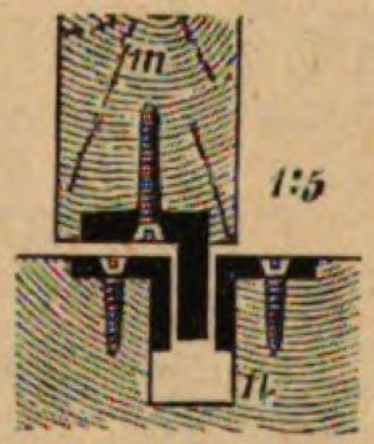


Fig. 834.



Am unteren Ende wird die Thür durch ein an derselben befestigtes L- oder T-Eisen in einem schmalen Falze der Thürschwelle geführt; dies kann in der Weise geschehen, wie es Fig. 835 andeutet, indem unterhalb der Thür *m* ein Winkeleisen angeschraubt wird, welches zwischen den beiden am Schlitze *n* befestigten Winkeleisen gleitet. Bei Parquetfussböden ohne vortretende Schwelle pflegt man die untere Führung der Schiebethür auch wohl nur innerhalb des Wandschlitzes auszuführen, dann muss aber an dem einen Thürflügel ein Kantenriegel angebracht werden, damit die geschlossene Thür nicht hin- und herschlottert.

Fig. 835.



Die Handgriffe zum Schieben der Thür können in verschiedener Weise ausgeführt werden; sollen sie vor der Thürfläche nicht vorstehen, so kann man sie für einfachere Thüren nach Fig. 836 bilden, indem man einen Steg aus Rundeisen über einer Aushöhlung in der Thür befestigt.

Fig. 836.



Für Wagenremisen, für Eisenbahngüterschuppen etc., werden Schiebethüren auch als äussere Thüren angewendet, doch werden sie dann meistens ganz aus Eisen construirt. Derartige Schiebethüren sind für die Güterschuppen des **Potsdam-Magdeburger Bahnhofes** zu Berlin ausgeführt und in Fig. 4 bis 6, **Blatt 17** dargestellt. Die Rahmen dieser Schiebethüren bestehen aus Winkeleisen von 45 Millim. Schenkellänge und 7 Millim. Stärke; sie sind noch in der halben Höhe durch T-Eisen von denselben Dimensionen und ausserdem an den Ecken und in der Mitte durch 8 Millim. starke Bleche versteift. Die untern Eckbleche treten über die Rahmen hinaus und dienen den Thürhälften zur Führung in der Schwelle, welche mit Winkeleisen von 52 × 7 Millim. Schenkelstärke von beiden Seiten bekleidet sind. An den Verlängerungen der oberen Eckbleche befinden sich gusseiserne Rollen, die auf einer 60 Millim. hohen, 10 Millim. starken und 5,34 Meter langen Flacheisenschiene laufen; diese Schiene ist in 3 Punkten mittelst Ankerbolzen und zwischengelegten Ringen an der Mauer befestigt und hat dieselbe die ganze Last der Thür zu tragen.

Ein complettes Thor incl. der verzinkten Wellblechbekleidung wiegt 260 Kilogr. und

*) Vom Herrn Eisenbahn-Director **L. Quassowski** mitgetheilt in Erbkam's Zeitschrift f. Bauw. 1871. S. 183.

kostete mit der obern und untern Führung zusammen 178 Mark. Da jedes Thor 2,668 Meter lang und 2,577 Meter hoch ist, so hat es 6,875 □ Meter Fläche und wiegt pro □ Meter:

$$\frac{260}{6,875} = 37,82 \text{ Kilogramm.}$$

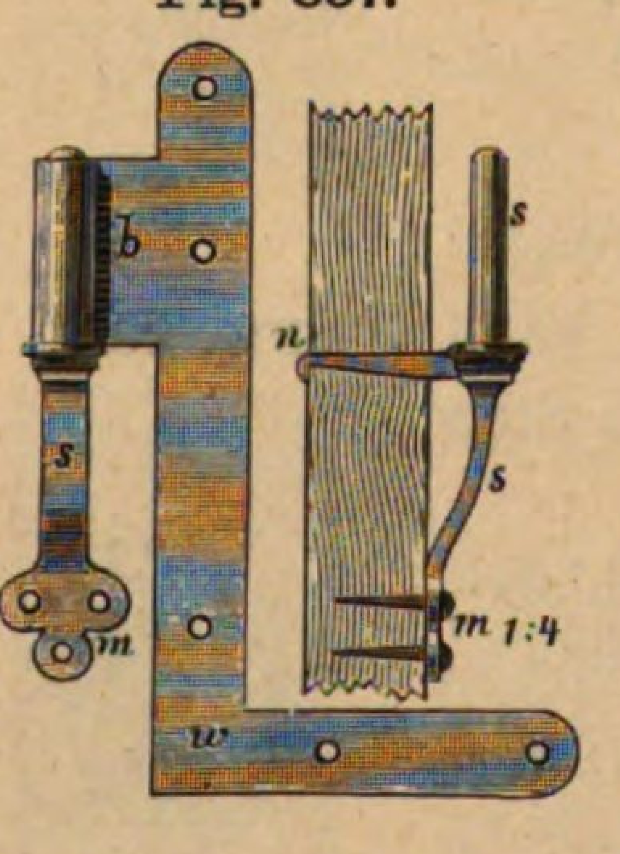
Diese eisernen Schiebethore sind durchaus zweckmässig construirt und stellen sich im Preise kaum höher als gleich grosse aus Holz hergestellte.

§. 120. Fensterbeschläge, Fensterverschlüsse und eiserne Fenster.

Die Beschlagtheile der hölzernen Fenster dienen entweder zur Verstärkung der Holzrahmen, zur Aufhängung derselben und Herstellung der Drehvorrichtung, oder zum Verschlusse der Fensterrahmen.

Um die Lichtfläche möglichst gross zu machen, erhalten die Flügelholzrahmstücke nur etwa 4 Centim. Breite und 3 bis $3^1/_2$ Centim. Stärke: die Eckverbindung durch Schlitzzapfen und hölzerne Nägel ist daher nur unvollkommen und bietet gegen rhomboidische Verschiebung zu geringe Festigkeit, wesshalb die Holzrahmenecken (vergl. Fig. 16, **Blatt 15**) durch aufgelegte oder eingelassene eiserne **Ecken** oder **Winkel** verstärkt werden müssen. Diese erhalten bei gewöhnlichen Fenstern etwa 10 bis 12 Centim. Schenkellänge bei 1,8 bis 2 Centim. Breite, sie werden aus ca. $1^1/_2$ bis 2 Millim. starkem Bleche ausgehauen und wird jeder Schenkel mit 3 Holzschrauben auf die Rahmholzecke aufgeschraubt. Werden die eisernen Ecken nur aufgelegt und genagelt, so heissen sie **aufgenagelte** Ecken, wenn die vortretenden Kanten schräg abgefeilt sind, **abgereifte** Ecken, und wenn sie in das Holz eingelassen sind, **eingelassene** oder **Scheinecken.** Die letztere Art wird für bessere Fenster ausschliesslich angewendet.

Fig. 837.

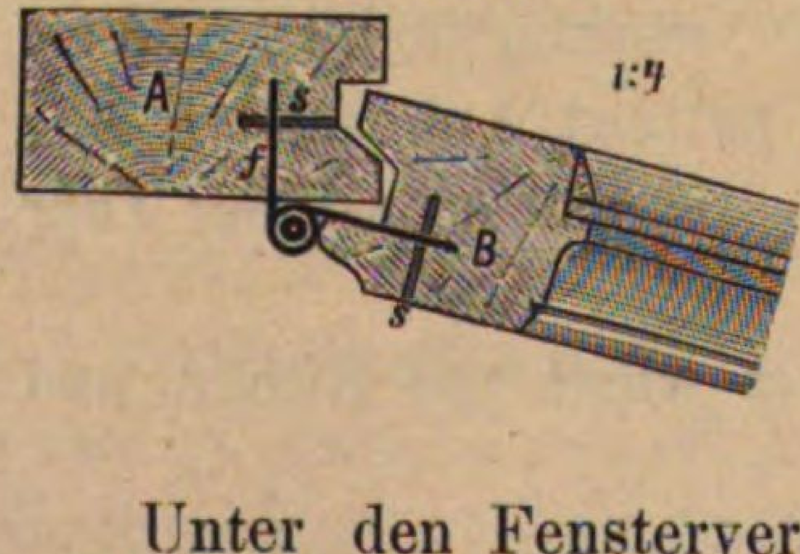


Zum Aufhängen der Fensterflügel in der einfachsten Weise dienen die **Winkelbänder** mit Stützhaken. Ein solches Band zeigt Fig. 837; hier ist die Ecke *w* mit dem Bande *b* aus einem Blechstücke gebildet und auf den Stützhaken *s* aufgehängt. Der Stützhaken kann in den Fensterrahmen eingeschlagen und bei *n* umgenietet werden, besser ist es aber, wenn der Stift hier eine Schraubenmutter erhält; der untere Theil bei *m* wird durch Nägel oder besser durch Holzschrauben befestigt.

Gegenwärtig verwendet man zur Aufhängung der Fensterflügel fast allgemein die Aufsatz- oder Fischbänder, welche S. 410 ausführlicher besprochen sind; die kleineren Flügel erhalten 2, die grösseren stets 3 dieser Bänder, welche natürlich dem geringen Gewichte der Fensterrahmen entsprechend schwächer construirt werden, als jene für Thüren. Die Höhe der Aufsatzbänder für Fensterflügel beträgt, ohne die verzierten Knöpfe gemessen, 11 bis 13 Centim., und der äussere Durchmesser der Charnierhülse 10 bis 13 Millimeter.

Die Art des Anschlagens der Aufsatzbänder bei Fenstern ist in Fig. 838 dargestellt.

Fig. 838.

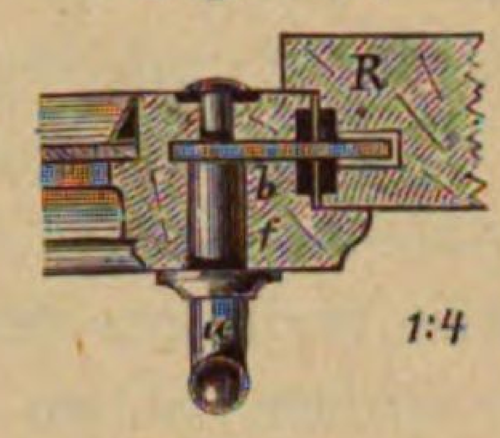


Für die beiden Lappen *f* des Bandes werden sowohl in den Fensterrahmen *A* wie in den Flügelrahmen *B* Schlitze eingearbeitet und die Bänder eingesteckt. Durch die beiden Löcher jedes Lappens *f* werden dann die Stifte *s* durchgeschlagen, die das Band in den Schlitzen festhalten. Das Treffen der Bandlöcher innerhalb des Holzes erfordert einen geübten Anschläger.

Unter den Fensterverschlussvorrichtungen unterscheidet man den **Einreiber-** und **Vorreiber**-Verschluss, den **Ruder**-Verschluss, den **Espagnolettestangen**-Verschluss, den **Schieber-**

Verschluss, den **Baskule**-Verschluss etc. Den **Einreiber**-Verschluss zeigt Fig. 839 im Horizontalschnitte; *R* ist der Fensterrahmen, *f* das Flügelholz, worin der Zapfen *a* befestigt ist, der vorn einen aufrechtstehenden Handgriff von 4 bis 5 Centim. Länge hat, wodurch der Zapfen sich durch $^1/_4$ Kreis umdrehen lässt. Auf dem Zapfen ist der eigentliche **Einreiber** *b* befestigt, der durch ein am Flügelholz *f* angeschraubtes Blech geführt in ein Schliessblech des Rahmens *R* eingreift und bei der Vierteldrehung des Zapfens *a* das Flügelholz fest gegen den Rahmen drückt, wie es die geschlossene Stellung Fig. 839 zeigt. Wird der Zapfen *a* um $^1/_4$ Kreis zurückgedreht, so tritt der Einreiber *b* ganz in das Flügelholz *f* hinein. Ist der Handgriff auf dem Zapfen *a* hinderlich, so kann der letztere 3- oder 4eckig angesetzt und hierauf ein besonderer Schlüssel zum Schliessen des Fensters aufgesteckt werden.

Fig. 839.



Bei den Vorreibern unterscheidet man **einfache** und **doppelte** Vorreiber; den einfachen Vorreiberverschluss zeigt Fig. 730, den doppelten Fig. 840; dieser wird für Fenster mit **festen** Pfosten angewendet. *p* ist der feste Pfosten, worin der horizontal stehende Zapfen *e* befestigt ist, um den sich der doppelte Vorreiber *h* dreht. Dieser drückt gegen die an den Fensterflügeln *f* befestigten Reibebleche *c* und presst hierdurch die Flügel an den Pfosten *p*; um den Druck möglichst zu vergrössern, sind die Reibebleche *c* mit erhöhten Rücken versehen, worauf der Vorreiber geht. Wird der letztere um einen Viertelkreis gedreht und in die senkrechte Lage gebracht, so lassen sich die Fensterflügel durch besondere kleine Aufziehknöpfe öffnen. Der Vorreiberverschluss wird nur noch für ganz ordinäre Fenster angewendet, da der Ruderverschluss nur wenig theurer wird und man mit demselben bequem einen grössern Druck gegen die Fensterflügel ausüben kann.

Fig. 840.

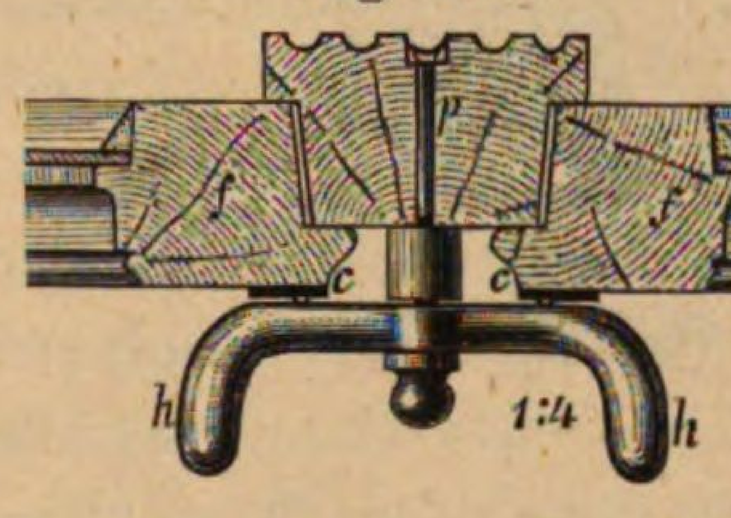
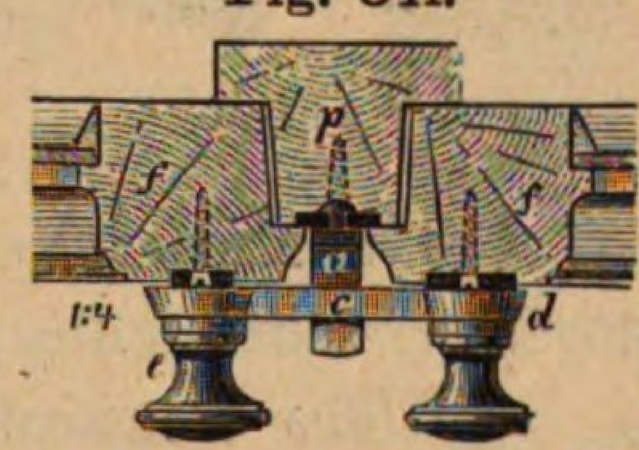


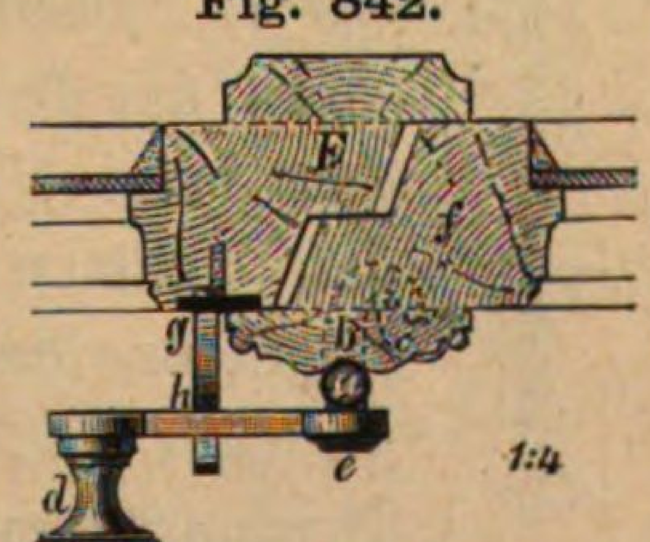
Fig. 841 zeigt den **Ruderverschluss** im Horizontalschnitte. An dem Pfosten *p* ist durch 2 Holzschrauben ein Blech befestigt mit dem darin festgenieteten Haken *a*, hinter den das **Ruder** *c* greift. Dieses dreht sich bei *d* um einen Zapfen, der in dem am Flügelholze *f* durch 2 Holzschrauben befestigten Bleche eingenietet ist. Auf dem anderen Fensterflügel *f* ist ebenfalls ein Blech aufgeschraubt, auf dem das Ruder bei der Drehung um *d* reibt. Soll das Fenster geöffnet werden, so hebt man den Knopf *e* und dreht hierdurch das Ruder *c* aus dem Haken *a*, worauf sich beide Flügel aufziehen lassen. Der Knopf bei *d* ist nicht zu dem Verschlusse erforderlich, er wird nur der Symmetrie wegen angebracht und kann als Aufziehknopf für den Fensterflügel dienen. Man nennt das Ruder auch einen **einarmigen** Vorreiber oder **Ueberwurf.**

Fig. 841.



Wird der feste Pfosten, wie es jetzt gewöhnlich bei den Fenstern geschieht, durch 2 **Schlagleisten** ersetzt, so kommen die folgenden Verschlüsse zur Anwendung. Der **Espagnolettestangen**-Verschluss, der in Fig. 842 im Horizontalschnitte dargestellt ist, besteht aus der Rundeisenstange *a*, an deren oberem und unterem Ende Haken *b* angebogen sind, welche in die am Fensterrahmen befestigten Haken *c* eingreifen. In der Mitte der Stange *a* ist das Ruder oder der Vorreiber *e* durch einen Zapfen mit *a* verbunden, so dass das Ruder durch den Knopf *d* um *e* in verticaler Richtung gedreht werden kann. An dem Flügelholze *F* ist das Blech *g* mit dem darin festgenieteten Haken *h* angeschraubt, hinter diesen greift das Ruder *e*; die Stange *a* dagegen wird durch kleine Hülsen, worin *a* sich drehen kann, an der Schlagleiste des Flügelholzes *f* befestigt. Beim Oeffnen des Fensters dreht man durch den

Fig. 842.



Knopf *d* das Ruder *e* in verticaler Richtung aus dem Haken *h* und dreht dann das Ruder *e* in horizontaler Richtung um, wodurch die Espagnolettestange *a* mit gedreht wird und die Haken *b* und *c* ausser Eingriff kommen, worauf sich die Fensterflügel *f* und *F* nach Innen aufziehen lassen. Von einer Stelle aus findet also bei dieser Vorrichtung ein dreifacher Verschluss beider Fensterflügel statt.

Obgleich man den Espagnolette-Verschluss leicht handhaben und ihm ein elegantes Aussehen geben kann, so ist er dennoch nicht zweckmässig, weil er erstens theuer wird, und weil zweitens bei unachtsamer Behandlung die lange Espagnolettestange sich leicht verdreht, indem die Drehung der Stange in ihrer Mitte stattfindet, die Widerstände aber an den Enden auftreten. Der billiger herzustellende **Baskule**-Verschluss ist zugleich der vollkommenste und sicherste Verschluss an Fenstern, denn die Constructionstheile werden bei demselben in günstiger Weise beansprucht und die Handhabung desselben ist sehr einfach. Fig. 843 zeigt einen Horizontalschnitt durch diese Verschluss-Vorrichtung; *a* ist die hinter der Schlagleiste des Flügelholzes *f* verschiebbare Riegelstange, aus 2 Theilen bestehend, wovon der eine Theil durch einen Hebel oder durch ein Zahnrad nach oben, der andere Theil nach unten geschoben wird. Das kleine Zahnrad sitzt auf der Axe des 2armigen Handgriffes *b*, der sogenannten **Olive**; auf dem hinteren Theil dieser Axe befindet sich noch als mittlerer Verschluss der Fensterflügel ein Einreiber *c*, der in ein Schliessblech des Flügels *F* eingreift. Der Verschluss zweier Fensterflügel ist also ein 3facher, nämlich in der Mitte durch den Einreiber und an den Enden durch die beiden Schubriegel, die in kleine Hülsen am Rahmen, resp. am Losholze eingreifen.

Fig. 843.

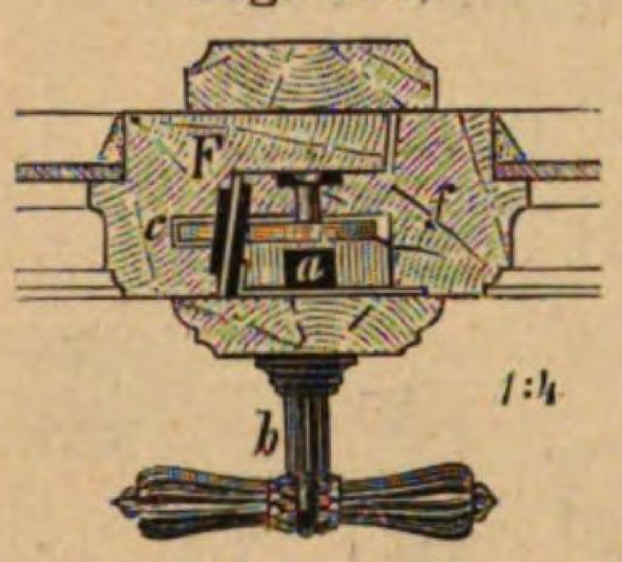


Fig. 844 zeigt das kleine Zahnrad des Baskule-Verschlusses, sowie die mit Zähnen versehenen Enden der Schubriegel. Das Zahnrad steckt auf dem Dorn des Handgriffes *b*, Fig. 843, dreht man diesen um $^1/_4$, höchstens um $^1/_2$ Kreis, so wird der eine Schubriegel nach oben, der andere nach unten vorgeschoben, während der auf demselben Dorn sitzende Einreiber den mittleren Verschlnss bewirkt. Die Handgriffe des Baskule-Verschlusses pflegt man gewöhnlich den angewendeten Thürdrückern entsprechend auszubilden; der Griff Fig. 845 z. B. gehört zu dem Drücker Fig. 826.

Fig. 844.



Fig. 845.



Ein ähnlicher Verschluss wie durch Baskule-Riegel lässt sich durch einfache **Schubriegel** erreichen, die ganz so wie die Stange *a*, Fig. 843, hinter der innern Schlagleiste des Fensterflügels angebracht werden. In Fig. 846 ist die Construction eines solchen Riegels dargestellt. Oben hat dieser Riegel einen angebogenen Haken *a*, in der Mitte einen eingenieteten Haken *c* und unten bei *b* ist er abgeschrägt; *d* ist ein in der Riegelstange eingenieteter Knopf zum Auf- und Niederschieben derselben und *e* ein Deckplättchen, welches den Schlitz in der Schlagleiste deckt. Beim Schliessen des Fensters hat man also den Riegel einfach niederzuschieben, wobei der Haken *a* in eine am Losholz befestigte Oese, der Haken *c* hinter ein am 2. Fensterflügel befestigtes Schliessblech und der Riegel *b* in ein Schliessblech der Fensterbank eingeschoben wird; alle 3 Theile sind abgeschrägt, so dass beim Niederziehen des Knopfes *d* beide Fensterflügel aneinander, resp. an den Rahmen angepresst werden. Dieser Schubriegel hat gegen den Baskuleriegel nur den Nachtheil, dass die schiebende Kraft an dem Knopfe *d* erheblich geringer ist, als beim Drehgriff des Baskules, und dass in Folge dessen das Herandrücken der Flügel gegen den Rahmen weniger energisch ist.

Fig. 846.



Um Schaufenster und Ladeneingänge gegen nächtliche Einbrüche zu sichern und Diebstähle unmöglich zu machen oder doch möglichst zu erschweren, wendet man in neuerer Zeit eiserne Klappläden oder eiserne Rolljalousien an, die das Schaufenster oder

den Ladeneingang ganz verdecken. Die Klappläden bestehen aus glatten Blechen von etwa 2 Millim. Stärke und werden dieselben durch ringsherum und querüber aufgenietete Flacheisen verstärkt. In der Höhenrichtung werden sie in einer Länge hergestellt, in der Breite können sie aber aus beliebig vielen Theilen bestehen, die durch starke Charnierbänder miteinander verbunden werden, so dass man sie zusammenklappen und am Tage in eine schmale Oeffnung im Futter des Fensters einschieben kann. Diese Läden werden von aussen angebracht und durch Ueberlagstangen an der innern Seite versteift, sie können vom Innern des Ladenraumes oder von aussen verschlossen werden, je nachdem das Schloss angebracht wird. Da solche Läden im zusammengeklappten Zustande nur wenig Raum in der innern Leibung des Fensters einnehmen, durch guten Anstrich leicht gegen die Einflüsse der Witterung geschützt werden können und hinreichende Diebessicherheit gewähren, so muss ihre Anwendung in vielen Fällen zweckmässig erscheinen.

Gleiche Sicherheit, aber grössere Bequemlichkeit im Verschlusse gewähren die eisernen Rolljalousien, namentlich dann, wenn sie sich durch Spiralfedern selbst aufwickeln und man dieselben beim Verschliessen der Schaufenster nur herunter zu ziehen braucht. Rolljalousien sind in sehr verschiedenartiger Construction ausgeführt, die grösstentheils durch besondere Windevorrichtungen aufgewickelt werden mussten, was erhebliche Kraftanstrengung und Zeit erforderte. Erst in der neuesten Zeit sind die Rolljalousien so eingerichtet, dass die Arbeit des Aufwickelns selbstthätig durch Spiralfedern besorgt wird, wobei man dann natürlich beim Verschliessen des Fensters das Jalousie durch eine Stange herunterziehen muss, was jedoch nur geringe Kraft erfordert. Auf eine derartige sehr zweckmässige Construction eiserner Rolljalousien besitzt Herr **A. Milde** in Wien ein Patent; das Jalousie selbst besteht nach Fig. 847 aus muldenförmig gebogenen Blechstreifen *b*, worin andere Blechstreifen *a* eingefalzt sind; die so hergestellten Jalousietheile leisten durch ihre ausbauchende Form gegen Durchbiegung grossen Widerstand. Verbunden sind die Theile an der innern Seite durch die schmalen Federbänder *d* aus schwachem Stahlblech und durch die Schräubchen *c*, welche *d* und *a* zusammenhalten. Bei etwaiger Beschädigung oder Zerstörung durch Verrosten lassen sich einzelne Theile mit Leichtigkeit herausnehmen und durch neue ersetzen. Die zusammenhaltenden Stahlbänder biegen sich leicht über die Trommel und erfordern zur Aufwickelung weniger Kraft als solche Jalousien, deren Theile durch Gelenke miteinander in Verbindung stehen, auch verursachen sie beim Aufwickeln oder Herabziehen gar kein Geräusch, indem sich die einzelnen Theile willig übereinander legen. In Fig. 848 ist das aufgewickelte Jalousie dargestellt; *a* ist die durch einige Naben mit darauf befestigten Eisenstäben gebildete Trommel, die sich auf einer festliegenden Axe dreht. Die Enden der kräftigen Spiralfedern sind an den Naben *a* und an der festen Axe befestigt, so dass die Federn beim Herabrollen des Jalousies gespannt werden, und zwar so stark, dass sie im Stande sind, das Jalousie durch eigene Kraft wieder hinaufzurollen.

Fig. 847.

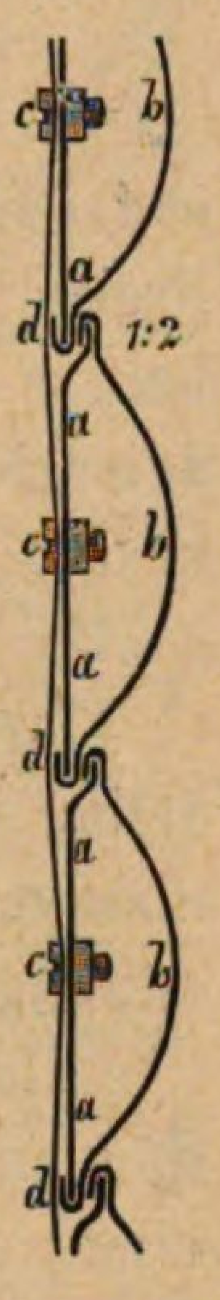
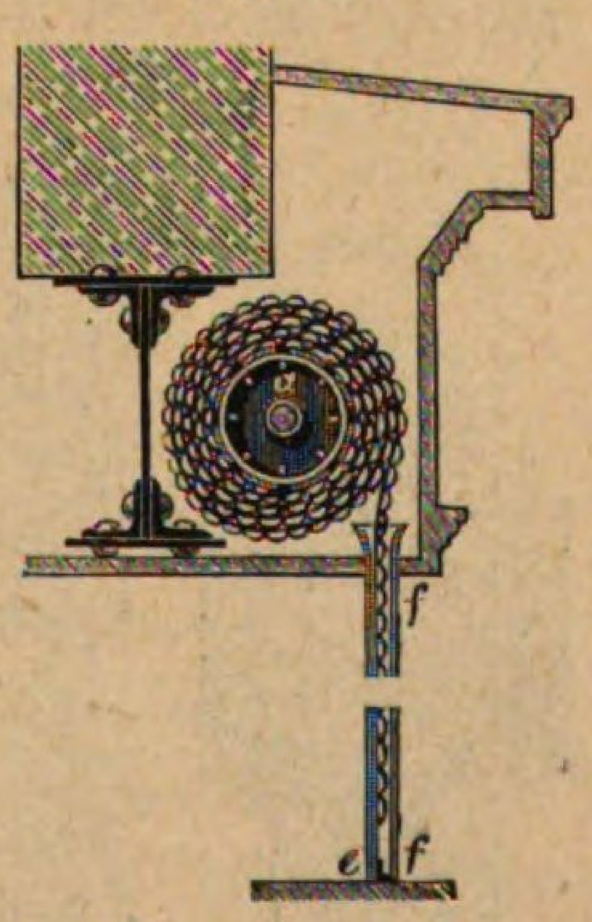


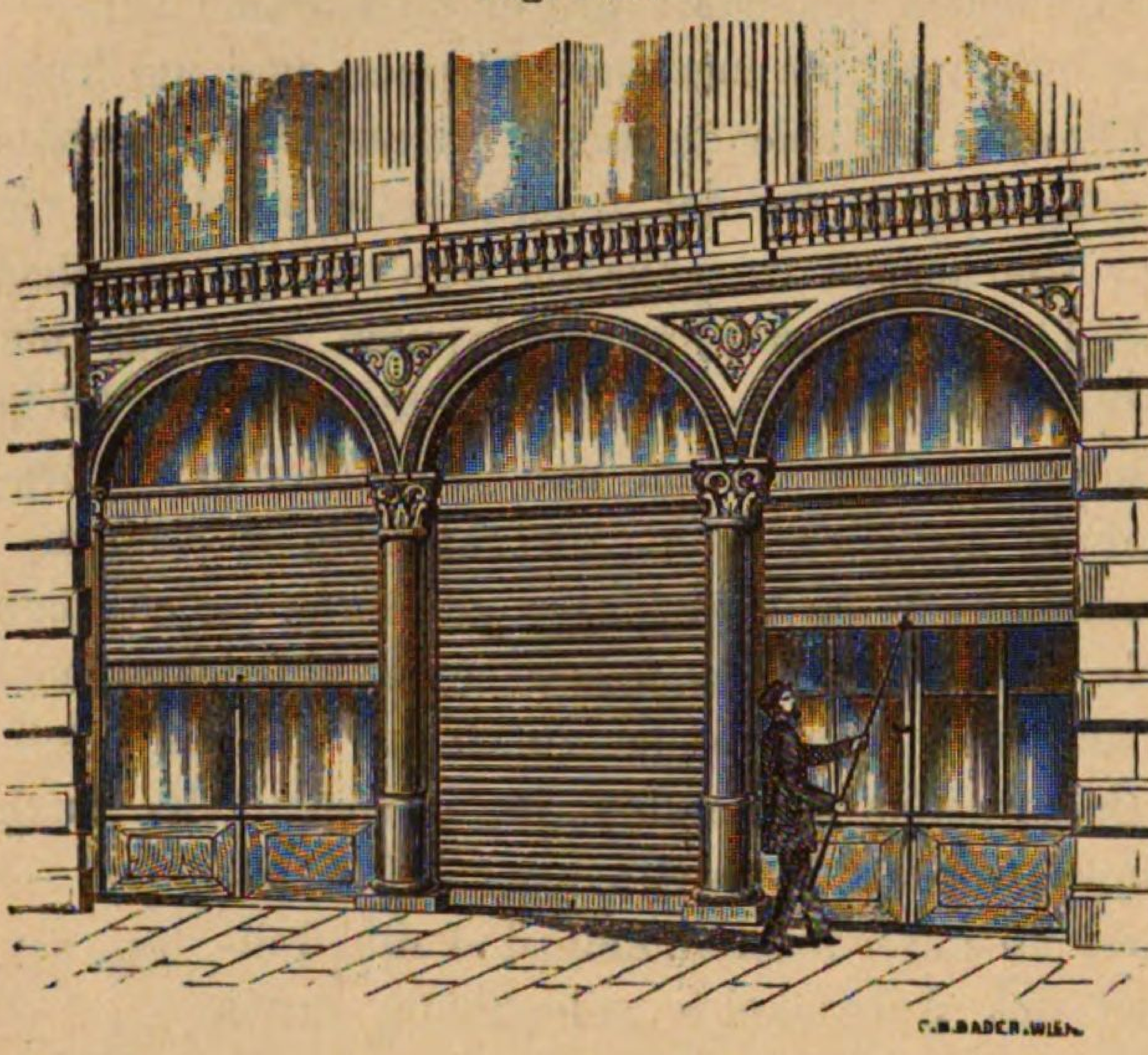
Fig. 848.



An den beiden Enden wird das Jalousie in den Führungen *f* aus gewalztem ⊏-Eisen vertical geführt und bei *e* endigt dasselbe in einem geraden Blechstreifen, an dem sich das Sicherheitsschloss befindet, womit das Jalousie verschlossen werden kann. Da die Axe der Jalousietrommel in 2 Längen hergestellt ist, so lässt sie sich durch Verschieben in sich so viel verkürzen, dass die viereckig angesetzten Enden ganz aus den Wandlagern herausgehen, hierdurch ist das Herabnehmen des ganzen Jalousies in leichter Weise ermöglicht. Die Bauschlosserei von **Albert Milde**, Untere Viaductgasse in Wien, liefert diese Verschlussvorrichtung incl. Anbringung pro □ Meter zu ca. 40 Mark. Fig. 849 giebt die Ansicht des Jalousies in der mittleren Fensteröffnung im geschlossenen Zustande.

Die Anbringung des Jalousiekastens hängt natürlich ganz von localen Verhältnissen ab (vergl. S. 334).

Fig. 849.



In ähnlicher Weise selbstrollend eingerichtet, wie die vorstehend beschriebene Jalousieconstruction, werden auch solche aus $^1/_2$ bis 1 Millim. starkem gewelltem Gussstahlbleche hergestellt. Das Wellensystem ist hierbei nach Fig. 551 (S. 273) ausgeführt und beträgt die Entfernung von Wellenberg zu Wellenberg etwa 25 bis 30 Millim., die Wellenhöhe 15 Millim.; durch diese querlaufenden Wellen erhält die einzige Gussstahlblechtafel, woraus das Jalousie besteht, in der Breite grosse Steifigkeit, in der Länge aber eine solche Biegsamkeit, dass sich die grosse Blechtafel bequem zusammenrollen lässt, was ebenfalls selbstthätig durch Spiralfedern bewirkt wird. **Clark und Comp.** in London, **Wilh. Tillmanns** in Remscheid etc. liefern diese Rolljalousien zum Preise von 32 bis 40 Mark pro □ Meter in jeder beliebigen Grösse; letztere Firma hat bereits viele Tausend solcher Jalousien ausgeführt. Im aufgerollten Zustande haben diese Jalousien die in folgender Tabelle enthaltenen Durchmesser, wonach die Höhe der Jalousiekasten bemessen sein muss:

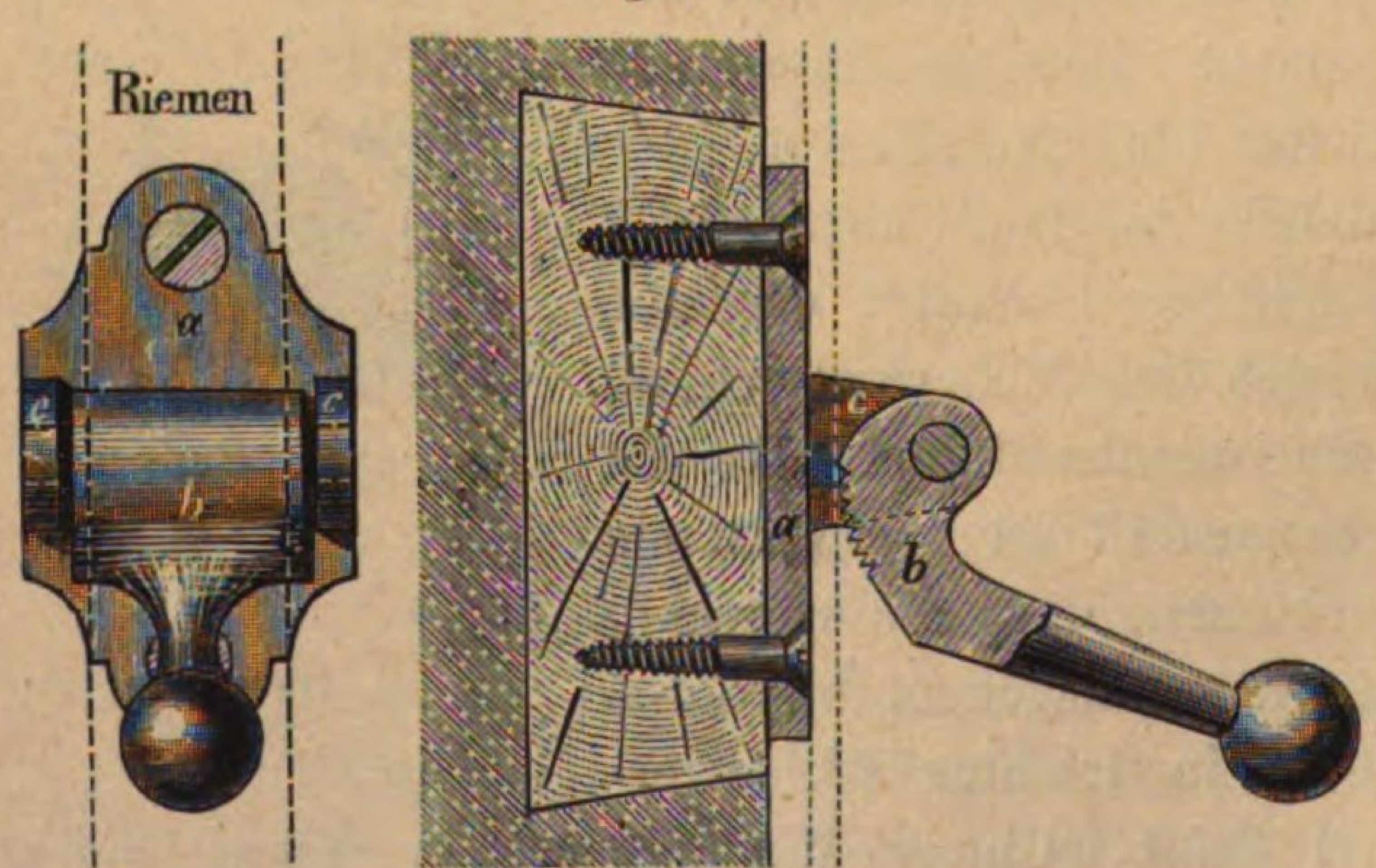
Bei der Höhe von	2,	2,5,	3,	3,5,	4,	4,5,	5,	5,5,	6 Meter
Durchm. der Rolle	25,	27,	30,	32,	35,	38,	41,	44,	48 Centimeter

Beim Aufrollen dieser Jalousien entsteht durch das Uebereinanderbiegen der Wellen ein unangenehmes Geräusch, was jedoch durch Ledereinfassungen an den Rändern jetzt vollständig beseitigt wird.

Haupterforderniss für diese Jalousien ist ein guter Oelanstrich, der das Rosten des dünnen Stahlbleches verhindert, da sie sonst bald zerstört werden würden, sie bilden dann einen eleganten und sichern Schaufensterverschluss.

Röhler und **Lässig** in Leipzig liefern Rolljalousien aus sehr schwachem Eisenbleche, die namentlich zum Schutz gegen grelles Sonnenlicht für Wohnzimmer sehr zweckmässig sind; ähnlich wie die Jalousien aus dünnen Holzbrettern, lassen sich auch diese im heruntergelassenen Zustande offen stellen oder schliessen.

Fig. 850.

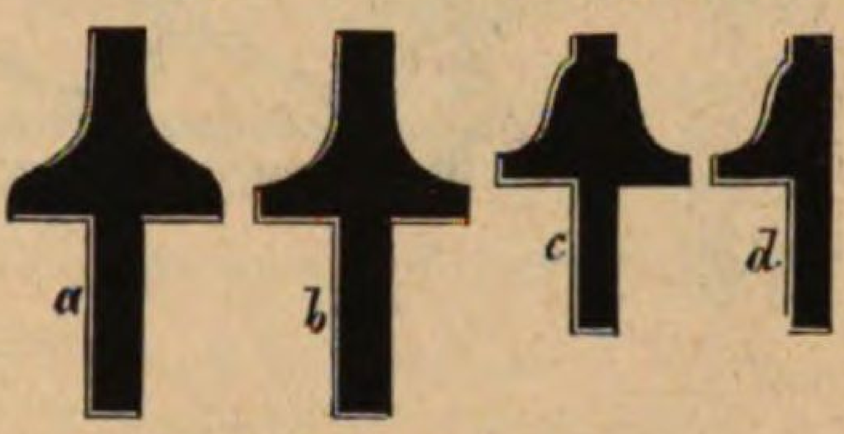


Zum Aufziehen leichter Rolljalousien werden Lederrieme oder Hanfgurte angewendet, welche sich beim Herabrollen des Jalousies auf eine grössere Scheibe der Jalousietrommel aufwickeln. Um nun das Jalousie in jeder beliebigen Stellung festhalten zu können, wird ein **Riemen-** oder **Gurthalter** erforderlich. Die einfachste und zweckmässigste derartige Vorrichtung zeigt Fig. 850 in der Vorderansicht und im Querschnitte. Der Riemen oder Hanfgurt wird zwischen der Platte *a* und dem kleinen excentrischen Hebel *b* hindurch geleitet, der letztere hat 2 Zapfen, die sich in den an der Platte *a* befindlichen

Armen *c* drehen. Wird der Gurt mit der Hand nach unten gezogen und die Kugel des Hebels *b* gehoben, so kann der Gurt an *a* herunter gleiten, lässt man aber den Hebel los, so hält dieser den Gurt fest, indem der excentrische Hebel *b* durch das Bestreben des Gurtes nach oben zu gehen, immer fester gegen den Gurt, und dieser gegen die Platte *a* gepresst wird. Das Jalousie kann also erst dann mehr herabgelassen werden, wenn man den Hebel *b* mit der Hand hebt. Solche Halter sind auch, im kleinen Maassstabe ausgeführt, für Rouleauschnüre und für Schnüre an Ventilationsklappen empfehlenswerth.

Eiserne Fenster werden sowohl aus Gusseisen wie auch aus Walzeisen hergestellt; ihre Constructionsweise hat mit den aus Holz gefertigten Fenstern wenig Aehnlichkeit, weil das Material eine weit grössere Festigkeit hat und wegen seiner Härte eine andere Bearbeitungsweise verlangt. Gusseiserne Fenster haben den Nachtheil, dass sie wegen der Sprödigkeit des Gusseisens leicht zerbrechlich sind, dass sie beim Erkalten nach dem Gusse sich werfen und krumm werden, auch erhalten die schwächeren Sprossen, welche sich schneller abkühlen, als die stärkeren Rahmen, sehr leicht Sprünge; man fertigt in neuerer Zeit daher gewöhnlich nur eiserne Fenster aus Walzeisen, indem die passenden gewalzten Sprossen überall im Handel zu haben sind.

Fig. 851. Fig. 852.



Meistens erhalten gewalzte Sprossen die Querschnittform *a* oder *b*, Fig. 851, oder die Form *c*, Fig. 852, welche ein gefälligeres Aussehen hat, aber auch etwas schwerer wird, als die beiden vorhergehenden Profile. Das für einseitige Verglasung eingerichtete Profil *d* wird gewöhnlich für jede Sprossensorte ausgewalzt und kann als Umrahmung der Fenster verwendet werden.

Ein schmiedeeisernes Souterrainfenster von 1,22 Meter Höhe und 0,86 Meter Breite zeigt Fig. 15, **Blatt 20.** Die Sprossen desselben haben 3 Centim. Höhe und 0,5 Centim. Eisenstärke, sie sind zur Hälfte überschnitten und dann dicht gestemmt, so dass die Ueberschneidung kaum zu sehen ist. Um das Fenster in der Mauer befestigen zu können, lässt man die horizontalen und einige verticale Sprossen über den Rahmen hinaustreten und mauert diese vorstehenden Enden ein. Die zur Verzierung dienenden Ringe in den kleinen Feldern bestehen aus 3 $\times$ 15 Millim. starkem Flacheisen und sind vor den Glastafeln an den Sprossen angenietet. Bei diesem Fenster lassen sich die 4 Glastafeln *l* öffnen, diese sogenannten Luftscheiben erhalten kleine Rahmen aus Eisenblech, oder noch einfacher aus starkem Zinkblech, die mit je 2 kleinen angenieteten Charnierbändern an den verticalen Sprossen aufgehängt und durch entsprechende Vorreiber verschlossen werden.

Für Werkstattschuppen stellt man Fenster aus Walzeisen am besten in der Weise her, wie es bei den Schuppen Fig. 1, **Blatt 4** geschehen ist. Die lichte Oeffnung im Mauerwerk ist hier 3,1 Meter hoch und 2,2 Meter breit; dieselbe ist durch 10 Stück vertical gestellte, ohne Rahmen eingemauerte Sprosseneisen von 3,3 Centim. Profilhöhe in 9 Scheibenbreiten eingetheilt. Zur Versteifung der Sprossen gegen Winddruck dienen 2 horizontale Flacheisen von 6,5 Centim. Breite und 3 Millim. Stärke, die für die Sprossen durchlocht und an den Enden eingemauert sind. Die 24,5 Centim. breiten, 31,4 Centim. hohen Glasscheiben stehen horizontal in Bleisprossen, vertical in Kittfalz und werden an die Sprossen durch je 2 hölzerne Stifte, die durch den Steg der Profileisen geschlagen sind, angedrückt. Anstatt der horizontalen Bleisprossen hätte man noch einfacher die auf Seite 293 erwähnte Methode der Verglasung anwenden können. Diese sehr einfachen und zweckmässigen Fenster für Werkstätten stellen sich sehr billig, sie kosteten pro □ Meter fertig nur 6,6 Mark.

Auch für hölzerne Fensterrahmen sind, statt der dünnen leicht vergänglichen Holzsprossen, die gewalzten Profileisen sehr zu empfehlen; ihre Befestigung in dem Rahmen kann in ähnlicher Weise bewirkt werden, wie es Fig. 732 zeigt.

Fig. 853.



Kleine gusseiserne Dachfenster kommen sehr oft zur Verwendung, da dieselben billig sind und ihren Zweck vollkommen erfüllen. Sie erhalten die in Fig. 853 dargestellte Form und können durch 2 obere Haken auf die Dachlattung eingehängt werden, so dass sie für alle Eindeckungsarten anwendbar sind. Die Eisengiesserei von **G. Kuhn** in Stuttgart-Berg liefert die in Fig. 853 gezeichneten Fenster zu nachstehenden Preisen:

h =	28,7,	45,9,	47,4,	71,7,	71,7,	103,5	Centimeter
b =	23,0,	34,4,	45,9,	43,0,	60,3,	68,9	»
Preis =	3,0,	4,1,	5,7,	9,8,	12,3,	15,4	Mark.

Solche Fenster werden auch oft aus starkem Zinkblech hergestellt.

Grössere gusseiserne Fenster können beliebig profilirte Sprossen erhalten, doch ist dabei zu berücksichtigen, dass die Form sich leicht aus dem Sande herausheben lassen muss. Ein sehr gebräuchliches Profil ist in Fig. 854 in $^1/_4$ der wirkl. Grösse gegeben, r ist das Profil des Rahmens, s das Profil der Sprossen. Für Stallgebäude, die in ausgiebiger Weise ventilirt werden müssen, sind **Kippfenster** sehr zu empfehlen. Bei kleineren Dimensionen werden dieselben gewöhnlich aus Gusseisen hergestellt und erhält das Fenster eine horizontale Drehaxe a-b, Fig. 855, die etwas oberhalb der Mitte des Fensters liegt, damit der untere Theil schwerer wird und das Fenster sich durch das Uebergewicht dieses Theils schliesst. Den Querschnitt durch das Kippfenster Fig. 855 giebt Fig. 856 in $^1/_4$ der natürl. Grösse; a ist der Anschlag des oberen Fenstertheils, b der des untern Theils und w der Wasserschenkel, an dem das von dem Fenster abfliessende Wasser abtropft. An der Stelle, wo sich das Fenster in den Zapfen dreht, muss der Anschlag weggelassen werden. Kippfenster leisten dieselben Dienste wie Glasjalousien und sind diesen wegen ihrer Einfachheit vorzuziehen. Werden Kippfenster aus Schmiedeeisen angefertigt, so kann der Rahmen am einfachsten aus Flacheisen bestehen, woran der Anschlag aus Winkeleisen angenietet wird. Zum Oeffnen der Kippfenster kann man eine einfache Schnur verwenden, die an einem kurzen Hebel am oberen Theil des Fensters befestigt ist und die am untern Ende durch den Schnurhalter Fig. 850 gehalten wird.

Fig. 854.

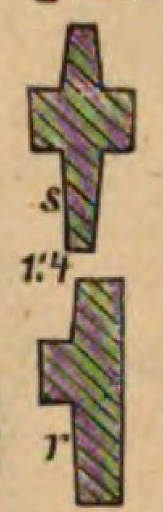


Fig. 855.

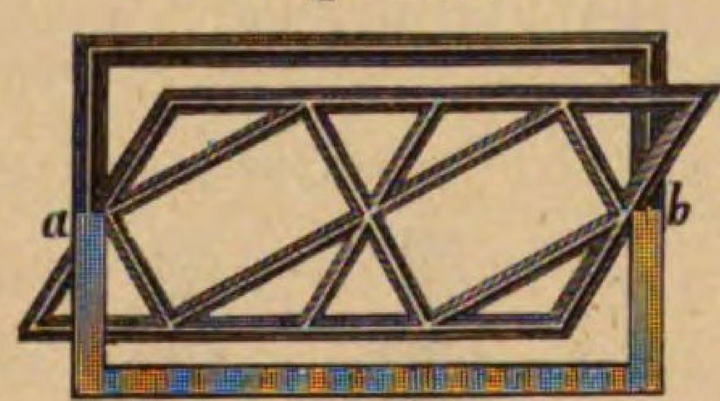
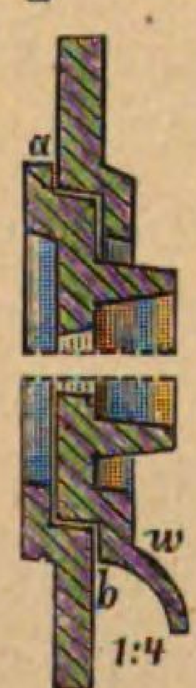


Fig. 856.



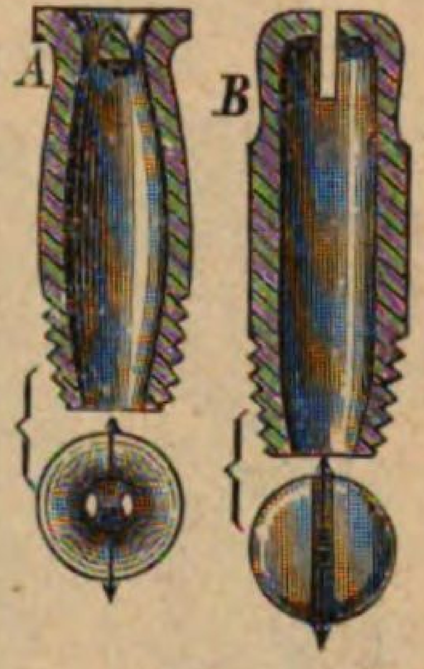
Elfter Abschnitt.

Gasbeleuchtung und Wasserleitung.

§. 121. Gasbrenner, Druckregulator und Weite der Rohrleitung.

Von den jetzt gebräuchlichen Gasbrennern kann man **Freibrenner** (Flachbrenner) unterscheiden und solche Brenner, bei denen das Gas in Glascylinder oder Zuggläser **eingeschlossen** brennt. Die ersteren sind entweder **Zweilochbrenner**, deren Querschnitt in wirkl. Grösse Fig. 857 *A* zeigt, oder **Schnittbrenner** *B* Fig. 857, während **Einlochbrenner** nur zu Illuminationszwecken reihenweise auf Röhren aufgeschraubt werden. Letztere Art ist zur Beleuchtung aus dem Grunde nicht zweckmässig, weil im Innern der runden Flamme zu viel Kohlenstofftheilchen ausströmen, die wegen Mangel an Sauerstoffzutritt nicht recht ins Glühen kommen können, wesshalb die Flamme nicht weiss genug erscheint. Der **Zweilochbrenner** *A* Fig. 857 hat 2 schräggestellte, gegeneinander gerichtete Löcher, damit die beiden ausströmenden Gasstrahlen sich flach pressen und sich in die Richtung der in dem Grundrisse eingezeichneten Pfeile ausbreiten. Hierbei kommt der Sauerstoff der atmosphärischen Luft in reichlichem Maasse mit der Flamme in Berührung, wesshalb der Brenner für solche Gase geeignet ist, die beim Verbrennen viel Kohlenstoff ausscheiden; für die Leuchtgase der meisten Städte giebt er wegen des zu reichlichen Sauerstoffzutrittes eine geringleuchtende blaue Flamme.

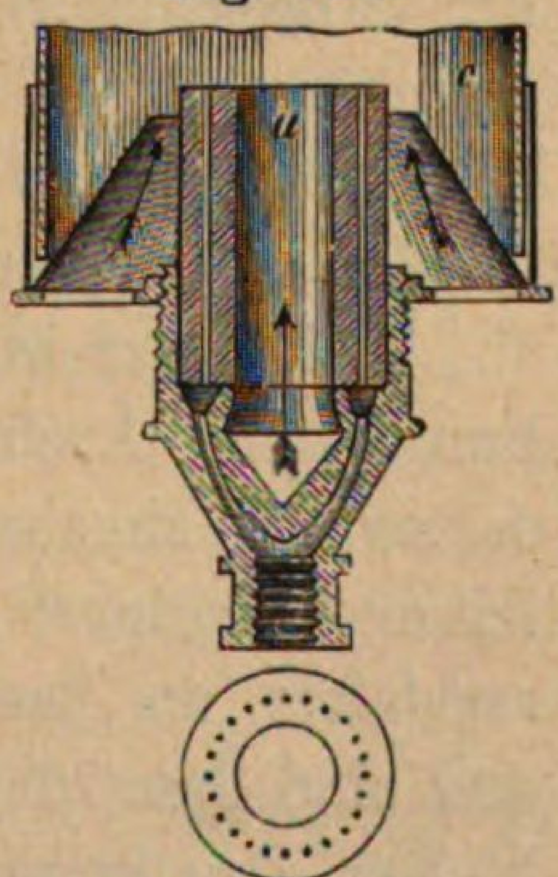
Fig. 857.



Der **Schnittbrenner** *B*, Fig. 857, hat im Kopfe einen Spalt oder Einschnitt, durch den das Gas ausströmt. Diese Brenner haben am meisten Anwendung gefunden und geben bei geringem Gasdruck und richtiger Schnittweite eine weisse hellleuchtende Flamme.

Bei den in Glascylindern **eingeschlossenen** Brennern wird das Gas in ähnlicher Weise ringförmig vertheilt, wie das brennende Oel bei der von dem berühmten Genfer Physiker **Argand** erfundenen Lampe mit hohlem cylindrischen Docht; man nennt solche Brenner daher **Argand-Brenner.** Diese haben an der Mündung 16 bis 60 gleichmässig im Kreise vertheilte feine Löcher, aus denen das Gas ausströmt, doch wendet man meistens Brenner mit 24 bis 40 Löchern an. Fig. 858 zeigt den Argand-Brenner im Verticalschnitte und im Grundrisse; die Luft strömt in der Richtung der Pfeile, sowohl durch den hohlen Cylinder *a*, wie auch rings um die Flamme in den Glascylinder *c*, wo die Verbrennung des Gases stattfindet. Durch die innige Berührung des Sauerstoffes der Luft mit dem brennenden Gase wird bei geringem Druck des Gases eine gute regelmässige Verbrennung desselben und eine hell leuchtende Flamme erzeugt. Wird der Luftzug gestört, so entsteht eine gelbe russende Flamme, wird er aber bedeutend erhöht, so verliert die Flamme an Leuchtkraft, gewinnt aber an Heizwerth, und bei Verstärkung des Gasdruckes schlägt die Flamme zum Cylinder hinaus.

Fig. 858.



In solchen Räumen, wo starke Luftströmungen eintreten, wie in Corridoren, Restaurationslocalen etc., sind die Argand-Brenner wegen des häufigen Springens der Glascylinder unvortheilhaft, sie werden aber für solche Beschäftigungen, die das Auge stark in Anspruch nehmen, wie Zeichnen, Schreiben und Lesen, sehr vortheilhaft und sind durch keinen andern Brenner zu ersetzen; namentlich ist der 40-Lochbrenner zu empfehlen, der bei geringem gleichmässigen Gasdruck eine vollständig ruhig brennende Flamme mit heller Leuchtkraft liefert. Eine Vorrichtung an den Argand-Brennern, die eine Regulirung der innern Luftzuströmung gestattet, ist sehr zweckmässig.

Sehr störend wirken die Schwankungen im Drucke des Gases, welche durch die je nach der Tageszeit verschieden belasteten Gasbehälter der Gasfabriken, oder durch die verschiedene Anzahl der brennenden Flammen einer Rohrleitung veranlasst werden; durch zu starken Druck in der Leitung entsteht das unangenehme Singen oder Zischen der Flammen. Die Mittel, welche angewendet werden, um den Wechsel im Drucke des Gases aufzuheben, bestehen darin, dass man **Regulatoren** in die Zweigleitungen einschaltet, oder dass man an jedem einzelnen Brenner Einrichtungen zur Regulirung des Gasdruckes anbringt. Dies geschieht durch plötzliche Verengung und darauf folgende Erweiterung des Röhrenquerschnittes kurz vor der Brennermündung, so dass sich das Gas hinter der Verengung ausdehnen kann und mit geringerer Spannung aus der Mündung ausströmt. Solche Einrichtungen sind sehr verschiedenartig ausgeführt, sie bestehen meistens aus Combinationen verschiedener Brenner. Fig. 859 *A* zeigt in wirkl. Grösse den Längenschnitt einer Brennercombination*) aus der Fabrik von **Krause & Mödebeck** in Berlin, und ist *a* ein gewöhnlicher Zweilochbrenner aus Eisen, *b* eine Messingkappe mit einem Schnittbrenner *c* aus gehärtetem Speckstein. **Brönner's** Patentbrenner ist in Fig. 859 *B* dargestellt; hier ist in der Brennerhülse unten eine Specksteinscheibe *d* eingesetzt, in der sich eine kleine viereckige, die Verengung bewirkende Oeffnung befindet. Der obere Theil *e* ist ein aus gehärtetem Speckstein bestehender Schnittbrenner.

Fig. 859.

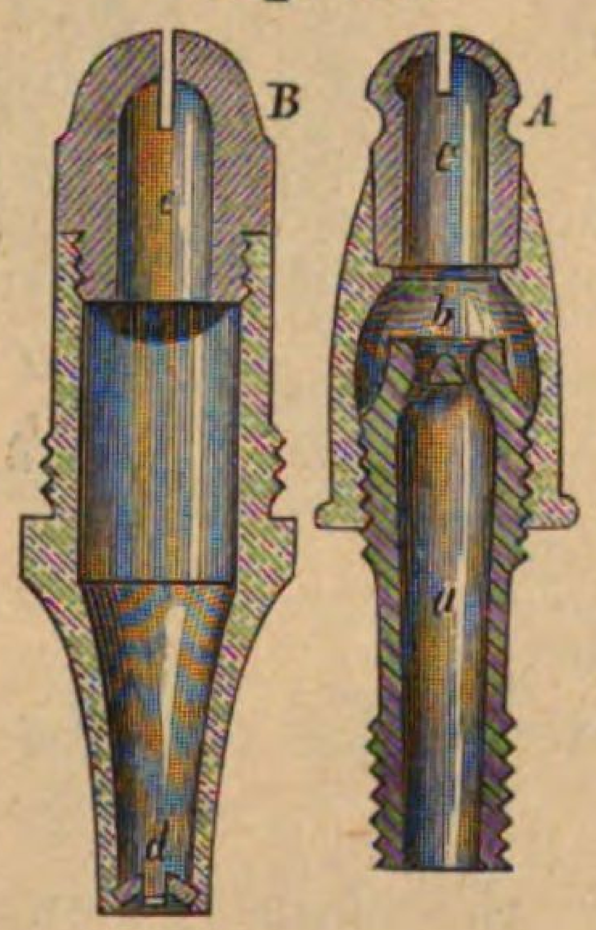
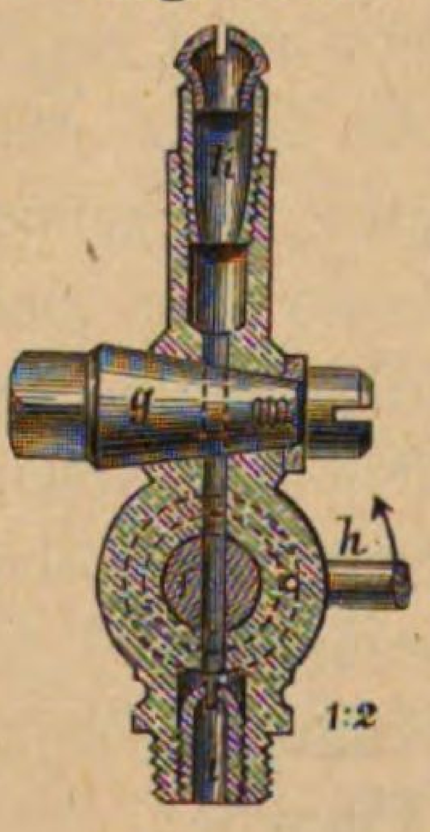


Fig. 860.



In Fig. 860 ist ein Längenschnitt durch die für die Strassenlaternen in Berlin verwendeten Brenner in $^1/_2$ der wirkl. Grösse wiedergegeben. In dem 7 Centim. langen Messingstück befindet sich ein mit einem Hebel *h* versehener Stellhahn *f* und ein Regulirungshahn *g*, der die Verengung bewirkt. Unten in dem Messingstück ist noch in Form eines Schnittbrenners ein kleiner verengender Messingeinsatz *i* eingeschraubt, während oben in der Messingfassung *k* der eigentliche Schnittbrenner aus Speckstein, mit kugelig ausgehöhltem Kopfe, eingesetzt ist. Für Strassenlaternen sind diese Brenner sehr zweckmässig. Auch die **Sugg**'schen Patent-Regulatorbrenner sind bei sorgfältiger Ausführung ebenfalls vortheilhaft, doch beträgt der Anschaffungspreis pro Stück dieser Brenner etwa 6 Mark. Mit dem Argand-Brenner Combinationen vorzunehmen, hat sich als unzweckmässig herausgestellt.

Keine der vorstehend erwähnten Brennercombinationen ist im Stande, die Schwankungen des Gasdrucks und deren Wirkungen vollständig aufzuheben, auch bewirken dieselben nur eine sehr geringe Druckverminderung. Will man für die Flammen einer Zweigleitung möglichst gleiche Leuchtkraft constant erzielen, so ist die Einschaltung eines **Druckregulators,** am besten hinter dem Absperrhahn jeder Zweigleitung, dringend zu empfehlen, und sind dann die einfachen Schnittbrenner den combinirten Brennern vorzuziehen. Die kleinen Druckregulatoren sind im Prinzipe den von dem genialen Gastechniker **Clegg** ein-

*) Entlehnt aus dem Artikel »Versuche mit Leuchtgasbrennern« vom Herrn Baumeister **S. Sendler** in der Deutschen Bauzeitung 1873. S. 3.

geführten Regulatoren der Hauptleitungen gleich construirt. Sie bestehen nach Fig. 861 aus der in einem Cylinder dicht eingeschlossenen Gasbehälterglocke *c* von Blech, die am untern Ende mit Rollen versehen ist, und aus dem am obern Theil der Glocke befestigten Kegel *b*. Das Gas strömt durch das Zuleitungsrohr *a* und tritt durch eine Oeffnung, die von dem Kegel *b* verengt werden kann, in die Glocke *c*, welche gehoben wird, sobald der Gasdruck grösser ist, als das Gewicht der Glocke und deren Belastung *g*. Hierdurch wird aber die Zuströmungsöffnung von dem mitgehobenen Kegel *b* so lange verengt, bis der durch das aufgelegte Gewicht *g* normirte Druck unter der Glocke *c* wieder hergestellt ist. Aus dieser Glocke strömt das Gas mit dem verlangten Drucke durch das Rohr *d* zu den Brennern. Diese in ihrer Wirkung sicheren Regulatoren lassen sich leicht handhaben und ohne Schwierigkeit in jede beliebige Leitung einschalten.

Fig. 861.



Ist nun die Spannung des aus den Brennern strömenden Gases so bemessen, dass der bei der Zersetzung des Gases in der Flamme ausgeschiedene und ins Glühen kommende Kohlenstoff in derselben möglichst gleichförmig vertheilt ist, gleichwohl aber noch an ihrem Contur genug Sauerstoff vorfindet, um zur Verbrennung zu gelangen, so leuchtet die Flamme hell, ohne zu russen, während sie gelb brennt und oberhalb Russ absetzt, sobald ihr der Sauerstoff theilweise mangelt; eine wenig leuchtende blaue Flamme mit hohem Hitzegrad entsteht dagegen, wenn dem austretenden Gase der Sauerstoff in sehr reichlichem Maasse zugeführt wird, wie dies bei dem zu Gasheizapparaten verwendeten **Bunsen**'schen Brenner der Fall ist.

Die in den Gasleitungen der Städte herrschende Spannung des Gases hält in der Regel einer Wassersäule von 15 bis 26 Millim. Höhe das Gleichgewicht, und es hängt die vortheilhafteste Druckhöhe des Gases hauptsächlich von dem specifischen Gewichte desselben ab. Die Gasausströmung wird befördert durch Erhöhung des Druckes, durch Erweiterung der Brenneröffnung und durch geringeres specifisches Gewicht des Gases; hieraus folgt, dass für schwächeren Druck bei specifisch gleich schweren Gasen ein weiterer Brenner und umgekehrt erforderlich wird, bei gleichem Druck erfordert das schwerere Gas einen weiteren Brenner und bei gleicher Brennerweite das schwerere Gas einen stärkeren Druck etc. Es folgt hieraus aber nicht, dass sich mit engeren Brennern und höherem Druck dasselbe erreichen lässt, wie mit niedrigem Druck und weiteren Brennern, denn vermehrter Druck bringt stärkere Reibung des brennenden Gases an der atmosphärischen Luft hervor, und daher stärkere Beimischung von Sauerstoff, wodurch, wie oben bemerkt, ein höherer Hitzegrad, aber auch Lichtverminderung hervorgerufen wird. Nur bei sehr kohlereichen Gasen, bei welchen auch bei inniger Einmischung atmosphärischen Sauerstoffes in die brennenden Gase immer noch genug glühender Kohlenstoff abgeschieden wird, lassen sich engere Brenner und etwas höherer Druck anwenden. Im Allgemeinen brennen Schnittbrenner mit weiterem Spalt heller als solche mit engeren Spalten, doch würden diese bei dem hohen Druck von 26 Millim. Wassersäule zu grosse Flammen geben, wesshalb Regulatoren mit geringer normirtem Druck einzuschalten sind.

Am empfindlichsten wirkt ein Wechsel im Gasdruck auf die Flammen der Argand-Brenner; für diese ist der günstigste Druck bei 24 Lochbrennern 16 bis 17 Millim., bei 32 Lochbrennern 13 bis 15 Millim. und bei 40 Lochbrennern 7 bis 9 Millim. Wassersäule; hier ist also die Einschaltung von Druckregulatoren sehr vortheilhaft; bei den Freibrennern sind nur grössere Druckunterschiede deutlich wahrnehmbar, während kleinere Schwankungen dem Auge entschwinden.

Bei richtigem Druck und ruhig brennender Flamme beträgt der Gasconsum pro Stunde für:

Schnittbrenner	0,05—0,22	Cubikmeter
Zweilochbrenner	0,05—0,12	»

Argand-Brenner mit 16 Löchern 0,09 Cubikmeter
» » 24 » 0,12 »
» » 32 » 0,15 »
» » 40 » 0,19 »
» » 60 » 0,25 »

Die Argand-Flamme mit 0,15 Cubikmeter Consum pro Stunde und einer Lichtstärke = 12 Kerzen gilt als **Normal-Gasflamme**, und als **Normal-Kerze** wird eine Wallrathkerze, wovon 12 Stück ein Kilogr. wiegen, die pro Stunde 7,75 Gramm Wallrath consumirt, angenommen. Flach-Brenner und Argand-Brenner mit einem geringeren Consum als 0,15 Cubikmeter pro Stunde gewähren einen verhältnissmässig kleineren Nutzeffect.

Die folgende Tabelle giebt die lichte Rohrweite für Hausleitungen bei 0,15 Cubikmeter Consum pro Stunde und Flamme. Hierbei ist eine horizontale Lage der Leitung

Lichte Rohrweite in Millim.	Länge der Rohrleitung in Metern									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
	Anzahl der Flammen									
5	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	4	3	2	1	—	—	—	—	—	—
15	15	10	7	5	4	3	2	1	—	—
20	25	14	10	8	6	5	4	3	3	2
25	55	35	25	18	14	11	9	8	7	6
30	90	60	40	30	24	20	16	13	10	8
40	150	95	65	48	37	30	25	20	16	14
50	350	228	156	114	90	70	60	50	40	25

angenommen. Ueber den Einfluss des Steigens und Fallens der Rohrleitung fehlt es an zuverlässigen Versuchen. Erfahrene Praktiker nehmen auf 2 bis 2,3 Meter Niveaudifferenz 1 Millim. Druckdifferenz an; beträgt also der Gasdruck an einem gegebenen Punkte der Leitung 20 Millim. Wassersäulenhöhe und steigt die Rohrleitung von diesem Punkte aus 2 Meter, so würde der Gasdruck hier 21 Millim. betragen; fällt die Leitung aber von dem gegebenen Punkte aus um 2 Meter, so beträgt der Druck nur noch 19 Millim. Wassersäulenhöhe. Abfallende Rohre erfordern daher für die gleiche Flammenzahl einen grössern, aufsteigende einen geringern Durchmesser, und man kann im ersten Stockwerke eines Gebäudes die Flammenzahl etwa 1,3, im zweiten 1,4, im dritten 1,5 mal grösser annehmen, als sie in der vorstehenden Tabelle angegeben ist. Im Innern der Häuser bestehen die Leitungsröhren aus Schmiedeeisen; ihre Zusammensetzung ist in §. 52 ausführlich besprochen. Bleiröhren dürfen nur an gefahrlosen Orten in dünnerem Kaliber angewendet werden.

Durch Verbrennung der folgenden Materialmengen pro Stunde lässt sich eine **gleiche Lichtmenge** erzeugen:

Talgkerzen 11,5 Gramm
Stearinkerzen 11,0 »
Wachskerzen 8,5 »
Wallrathkerzen 8,0 »
Paraffinkerzen 7,0 »
Rüböl 6,0—7,5 »

Petroleum 5,0 Gramm
Leuchtgas aus deutschen oder englischen Backkohlen 0,007—0,008 Cubikmeter = 4,3—4,8 Gramm, wenn das specifische Gewicht des Leuchtgases im Mittel zu 0,000611 angenommen wird.

Hiernach lässt sich der Leuchtwerth obiger Materialien je nach deren Anschaffungskosten ermitteln. Für Berlin betragen die Kosten der Petroleumbeleuchtung incl. Bedienung nach Herrn **Sendler**, wenn die Kosten der Gasbeleuchtung excl. Einrichtung = 1 gesetzt werden 0,75 bis 0,85, bei derselben Lichtstärke.

Bei der Construction von Gas-Candelaberarmen ist darauf zu achten, dass die Arme keine Wassersäcke bilden, weil sich sonst Wasser darin niederschlägt und die Flamme

unregelmässig und stossweise brennt, wenn die Röhre durch Wasser verstopft wird. Die Armformen Fig. 2, **Blatt 1** und Fig. 5 und 10, **Blatt 2** sind demnach zweckmässig, die Armformen Fig. 11, 13 und 14, **Blatt 1** und Fig. 8 und 11, **Blatt 2** dagegen sind unzweckmässig geformt.

§. 122. Anzahl der Gasflammen zur Erleuchtung eines Raumes.

Werden die Flammen in geeigneter Weise auf einen Mittelkronleuchter und mehrere passend angebrachte Wandarme vertheilt, und ist die Wandfarbe des Raumes keine sehr dunkle, so kann man die zur Erleuchtung eines Raumes erforderliche Anzahl **Normal-Gasflammen** nach der folgenden Tabelle ermitteln. Wenn ein Raum von etwa 12 Meter

Länge des Raumes in Metern	4,7	5,6	7,5	10,0	12,5	15,7	18,8	22,0
Breite des Raumes in Metern	4,7	5,6	7,5	10,0	12,5	15,7	18,8	22,0
Höhe des Raumes in Metern	3,8	4,4	5,3	6,9	9,4	12,5	14,0	15,7
Anzahl der Normal-Flammen	2—3	5—6	9—12	16—20	25—30	40—45	60—70	100—120
Höhe der Krone über dem Fussboden in Metern	2—2,2	2,2—2,4	2,5—2,8	2,8—3,1	3,5—3,8	4,0—4,4	4,7—5,3	5,6—6,3

Länge an, so weit von der quadratischen Grundform abweicht, dass seine Länge zur Breite das Verhältniss von 3 : 2 übersteigt, dann ist die Anbringung **mehrerer** Kronleuchter zu empfehlen. Man kann die Grundfläche des Raumes in möglichst quadratische Felder eingetheilt denken und jeder Abtheilung die nach vorstehender Tabelle erforderliche Flammenzahl geben. Quadratische Räume von mehr als 22 Meter Seite kann man vortheilhaft in 4 Felder zerlegen und in der Mitte jedes Feldes einen Kronleuchter anbringen, wobei auch noch die Mitte des Raumes eine Krone erhalten kann; namentlich bei niedrigen Räumen muss die Theilung der Decke in mehrere Felder vorgenommen werden.

Da die Stärke der Beleuchtung mit dem Quadrat der Entfernung des Lichtquelles abnimmt, so wird man bei Räumen von mehr als 10 Meter Höhe die untere Kronenspitze zweckmässig auf $^1/_3$ der Raumhöhe annehmen können. Für Festräume kann man die Anzahl der Flammen auf mehr als das Doppelte der in der Tabelle gegebenen Zahlen steigern.

§. 123. Wasserleitung und Wasserklosets, Badeeinrichtung etc.

Angestellte Beobachtungen und Ermittelungen haben ergeben, dass der reine Privat-Wasserverbrauch aus städtischen Leitungen mit 60 Liter pro Kopf und Tag befriedigt werden kann; rechnet man noch für Reinigung und Bewässerung der Strassen und Canäle, für öffentliche und Privatbäder, für Wasserklosets und Waschhäuser, für Gärten und kleine Privat-Fontainen, für Fabriken etc., pro Kopf und Tag 30 Liter, so ergeben sich für jede Wasserversorgung 90 Liter als Minimum pro Kopf und Tag. Dieses Quantum wird in einzelnen Städten bedeutend überschritten; z. B. soll der tägliche Wasserverbrauch pro Kopf in Rom 1105, in Newyork 568, in Marseille 470, in Philadelphia 225, in Richmont 180, in Glasgow 113, in London 112, in Lyon 85, in Manchester 84, in Brüssel und München 80 und in Paris 69 Liter betragen. Mit Rücksicht auf die naturgemässe Vermehrung der Bevölkerung wird man bei Anlage neuer Wasserwerke in wohlhabenden Städten pro Kopf und Tag 150 Liter rechnen können.

Zur einmaligen Besprengung eines Gartens rechnet man 1 bis 2 Liter pro □ Meter, und zur einmaligen Besprengung und Reinigung von Strassen, Plätzen und Anlagen zu-

sammengenommen nach Versuchen des Wiener Stadtbauamtes 0,6 Liter pro □Meter, bei sandiger Bodenbeschaffenheit werden jedoch 1 bis 1,1 Liter erforderlich.

Das Röhrenmaterial der Hauptleitungen ist jetzt fast ausschliesslich Gusseisen und wurde die Verbindung der Röhren bereits in §. 50 ausführlich besprochen. Die Geschwindigkeit des Wassers in den Röhren darf 1 bis 1,25 Meter pro Secunde betragen. Hauptröhren werden nach Auslauf **grösserer** Abzweigungen entsprechend reducirt, doch darf mit Rücksicht auf eine energische Feuerlöschung das kleinste Strassenrohr nicht weniger als 10 Centim. Durchmesser erhalten; Hydranten werden in etwa 100 Meter Entfernung von einander aufgestellt.

Als Material für nicht zu ausgedehnte Hauswasserleitungen, mit lichten Rohrweiten von 13 bis 30 Millim. Durchmesser hat sich erfahrungsmässig das gezogene Bleirohr am besten bewährt; dasselbe wird in grossen Längen fabricirt und aufgerollt, man braucht es also nicht oft zusammenzustücken, wodurch die vorherrschende Ursache späterer Undichtigkeit in den Leitungen vermieden wird. Ferner gestattet die grosse Biegsamkeit des Bleirohres alle erforderlichen Krümmungen ohne Nachtheil für die Haltbarkeit desselben und sorgfältig geschützte Leitungen erleiden fast gar keine Abnützung, was bei guss- und schmiedeeisernen Leitungen nicht der Fall ist. Für grössere Leitungen dagegen sind gusseiserne Röhren wegen grösserer Billigkeit stets empfehlenswerth; deren Gewichte und Kosten enthält Tabelle VII, S. 72. Bleiröhren für Wasserleitungen werden nach Gewicht pro lfd. Meter verkauft, dieselben wiegen bei der lichten Weite von 13 Millim. ca. 1,75 Kilogr., von 20 Millim. 3,19 Kilogr., von 26 Millim. 5,9 Kilogr.; die zulässige Schwankung in den Wandstärken einer Bleiröhre darf 1 bis $1^1/_2$ Millim. nicht übersteigen.

Bleileitungen sind nicht für jedes Wasser zulässig, da viele Quellwasser in der Leitung leicht auflösliche Bleisalze bilden, welche, wenn auch in äusserst geringen Quantitäten im Trinkwasser genossen, nach und nach Bleivergiftung herbeiführen. Für welche Wasser Bleileitungen angewendet werden dürfen, lässt sich leicht dadurch untersuchen, dass man blankes Blei einige Stunden im Contact mit dem betreffenden Wasser lässt; erblindet das Blei, so ist eine Bleileitung nicht anzurathen. Das aus dem Okerflusse entnommene Wasser der städtischen Leitung zu Braunschweig hat keinen Einfluss auf die Bleiröhren gezeigt, welche hier ausschliesslich zu Hausleitungen benutzt sind.

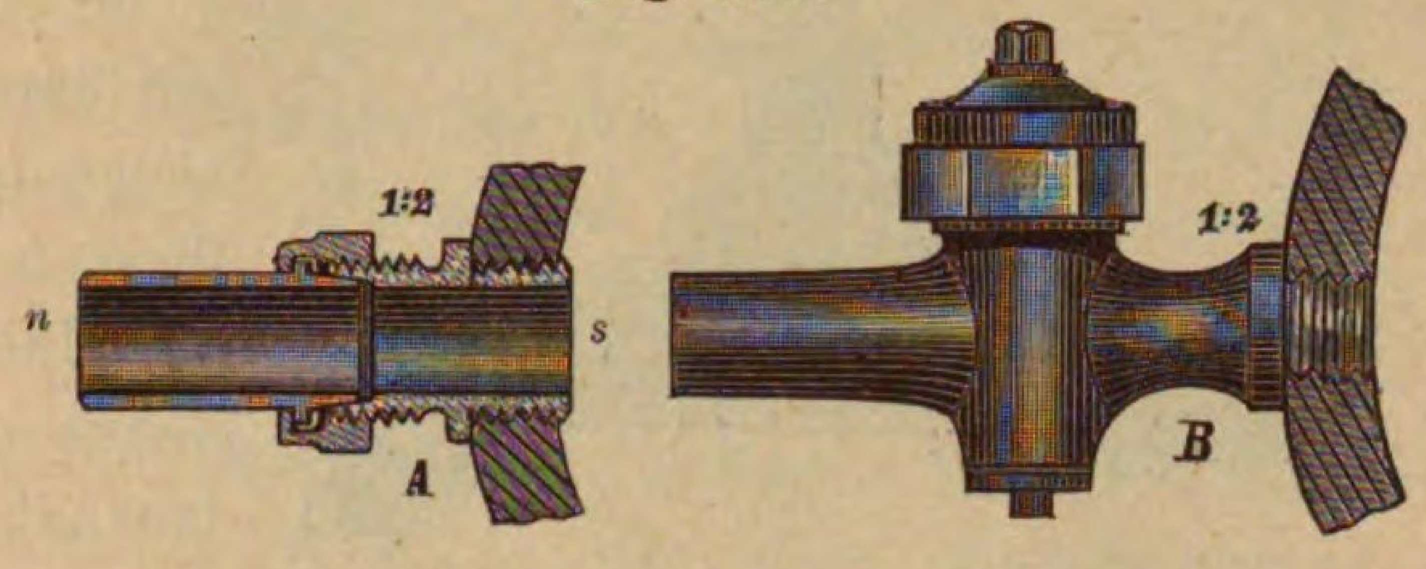
Für die neue Wasserleitung zu Wien sind nur **Zinn-Bleiröhren** als Hausleitungen zugelassen. Diese waren zuerst von dem Erfinder derselben, Herrn Ingenieur **Hamon** im Jahre 1867 in Paris*) ausgestellt. Bei der Fabrikation derselben werden zuerst Hohlcylinder von 50 Centim. Länge, 20 Centim. äussern und 8 Centim. innern Durchmesser aus Blei stehend in kupfernen Hülsen über blanke stählerne Kerne gegossen. Der Kern hat einen scharfkantig vorspringenden Rand, der beim Herausstossen des Kerns unter der hydraulischen Presse einen Spahn aus der Höhlung des Cylinders aushobelt, wodurch eine metallisch reine Fläche hergestellt wird. Nun macht man den innern Raum der Bleihülse luftleer, nachdem ein schwächerer Kern hineingestellt ist und giesst den ca. 2 Centim. starken Zwischenraum mit flüssigem Zinn aus, welches sich vollständig mit dem Blei verbindet. Nach gehöriger Erkaltung werden diese Cylinder unter hydraulischem Drucke von etwa 200 Atmosphären bis zu 30 Meter langen Röhren ausgepresst. Die innere schwache Zinnröhre hält das Wasser von dem Blei ab, während der äussere Bleimantel dem Rohre hauptsächlich Widerstandsfähigkeit gegen innere Pressung verleiht. Blosse Verzinnung des Innern der Bleiröhren hat sich nicht bewährt.

Die Verbindung der Hausleitung mit dem öffentlichen Strassenrohre wird bei 4 bis 5 Centim. weiten Röhren durch gusseiserne in die Hauptleitung eingelegte rechtwinklige Abzweigungsröhren hergestellt; bei engeren Blei-, resp. Zinn-Bleiröhren aber erfolgt die Verbindung durch Anbohrung des Strassenrohres, wobei in das Bohrloch Gewinde geschnitten

*) Einen eingehenden Artikel über Zinn-Bleiröhren findet man in der Deutschen Bauzeitung 1870. S. 115.

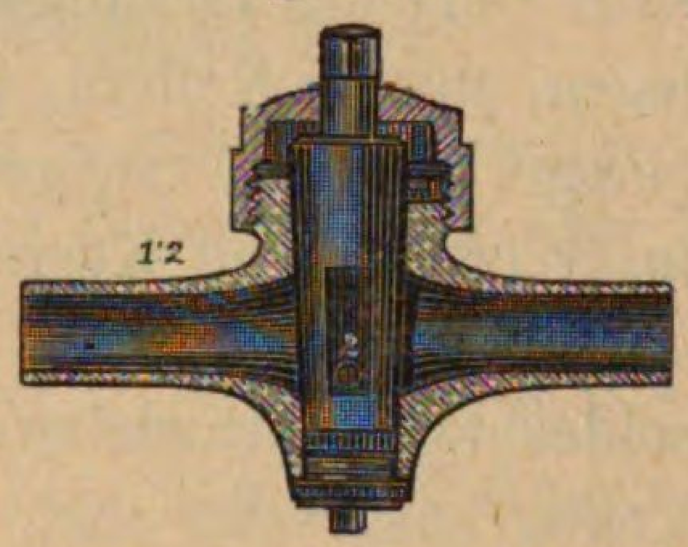
und entweder ein sog. **Sauger**, oder ein **Anbohrungshahn** druckdicht schliessend eingeschraubt wird. Den Sauger zeigt Fig. 862 *A*, er besteht aus dem Messingstück *s* mit dem ein anderes Messingstück *n* durch Gewinde und zwischenliegender Lederdichtung verbunden ist; auf *n* wird das conisch erweiterte Bleirohr aufgelöthet (vergl. §. 54); ebenso auch bei dem Anbohrungshahn *B*, Fig. 862. Die Verschliessung der Anbohrung mit einem Hahn hat den Vorzug, dass sofort nach Einschrauben des verschlossenen Hahnes das Wasser wieder in das öffentliche Rohr gelassen werden kann und dass Beschädigungen zwischen dem Anbohrhahn und dem Haupthahn der Privatleitung die Absperrung der Strassenleitung unnöthig macht.

Fig. 862.



Nahe an der Grenze des mit Wasser zu versehenden Grundstückes erhält die vom Sauger kommende Hausleitung einen **Haupthahn**, der von dem Besitzer durch den Aufsatzschlüssel bei Ausserbetriebsetzung der Leitung bequem zu verschliessen ist. Fig. 863 zeigt den Längenschnitt des Haupthahnes, worin *e* eine Entleerungsöffnung bezeichnet, die ein Ausfliessen des in der Leitung enthaltenen Wassers gestattet; das abfliessende Wasser sickert entweder in den Erdboden oder es fliesst in die Entwässerungscanäle.

Fig. 863.



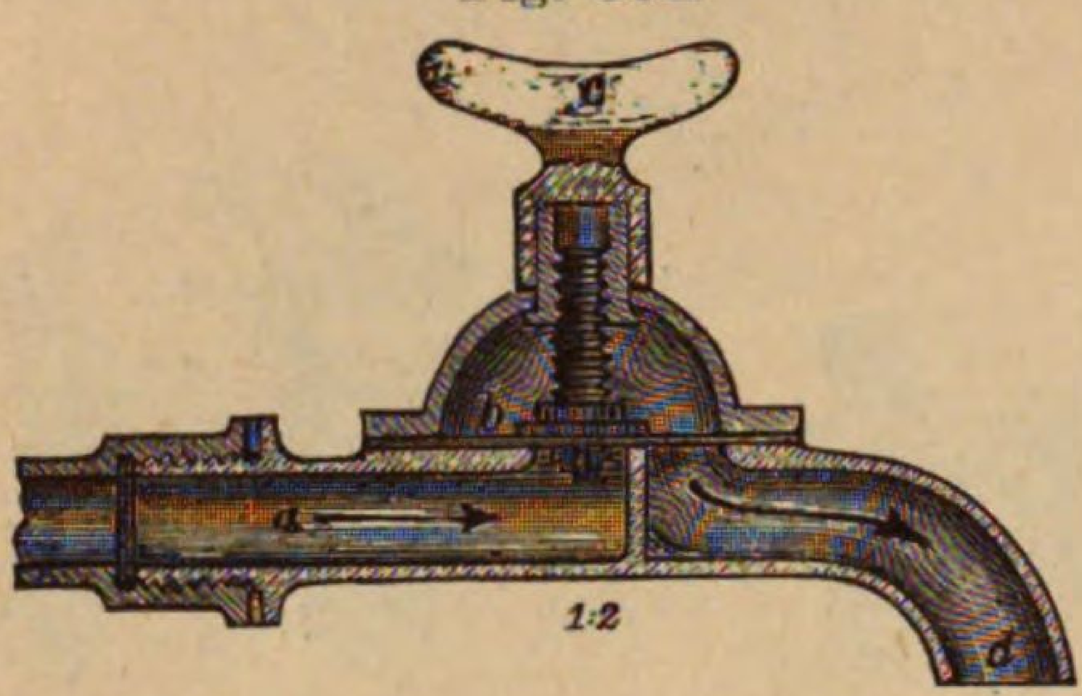
Für Hausleitungen genügen gewöhnlich die lichten Rohrweiten von 13, 20 oder 26 Millim. Durchmesser. Bei einstöckigen Gebäuden, wo die Leitung nur einen Zapfhahn in der Küche oder im Waschhause speist, ist eine 13 Millim. weite Leitung ausreichend, wenn dieselbe von dem Strassenrohre aus keine zu grosse Länge hat; auch 2 Hähne können noch von einem solchen Rohr versorgt werden, doch erhalten die Hähne dann nur 10 Millim. Durchgangsweite. Gebäude von 2 und mehr Stockwerken, wo das Wasser in verschiedenen Etagen zur Speisung von Küchen- und Waschbeckenhähnen bestimmt ist, genügt eine 20 Millim. weite Leitung; diesen lichten Durchmesser erhält auch die Steigeleitung bis zum höchsten Punkte. Die zur Wasserentnahme möglichst kurz auszuführenden Zweigleitungen werden dann aus 13 Millim. weiten Röhren hergestellt. Mit der Abnahme des Druckes in der Leitung giebt man den Ausflusshähnen in den höheren Stockwerken grössere Durchgangsweiten als im Souterrain oder im Parterre; ein Waschküchenhahn im Parterre erhält 13 Millim., ein dort befindlicher Küchen- oder Waschbeckenhahn 10 Millim., während ein solcher in den höheren Stockwerken 13 Millim. oder mehr Durchgangsweite erhalten müsste. Zur Versorgung von 1 bis 2 Wasserklosets ist die 20 Millim. weite Steigeleitung auch noch ausreichend, wenn die Leitung nicht zu lang und scharfe Krümmungen darin vermieden sind.

Grössere Gebäude mit Seitenflügel erhalten am zweckmässigsten 2 bis 3 getrennte Steigeleitungen, die von einer 26 bis höchstens 40 Millim. weiten gemeinschaftlichen Erdleitung gespeist werden; 20 Millim. weite Steigeleitungen sind für solche Fälle gross genug, wo nur für gewöhnliche häusliche Zwecke Wasser zur Verwendung kommt, werden aber ausser den Klosetanlagen noch Badeeinrichtungen, Zimmerfontainen etc. verlangt, so wird man 26 Millim. weite Steigeleitungen anwenden, welche für derartige Fälle immer genügen, auch wenn 3 Feuerhähne von 20 Millim. Durchgangsweite eingeschaltet werden.

Die Verbindung der Bleiröhren, resp. Zinn-Bleiröhren ist S. 78 erörtert. Zur Wasserentnahme aus den Leitungen mit continuirlichem Druck haben sich nur die **Lambert**'schen Niederschraubhähne bewährt, indem dieselben ein allmäliges Oeffnen und Schliessen der Leitung möglich machen, wodurch der beim plötzlichen Schliessen anderer Hähne stattfindende starke Rückschlag des Wassers in den Röhren bedeutend vermindert wird. Den

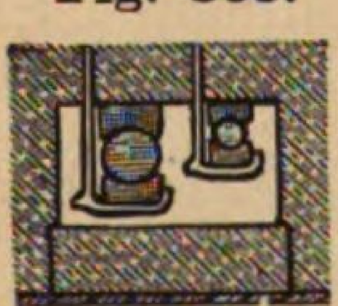
Längenschnitt eines Niederschraub-Auslaufhahnes giebt Fig. 864; das Wasser kommt von *a* und muss, wenn es aus *d* ausfliessen soll, unter der Gummischeibe *b* durchkommen können. Diese Scheibe steht durch eine Schraube mit dem Schlüssel *c* in Verbindung und kann durch Drehung des Schlüssels gehoben werden, so dass *a* mit *d* in Communikation tritt und das Wasser aus *d* ausfliessen muss; schliesst sich an beiden Enden dieses Hahnes, wie bei *a*, eine Rohrleitung an, so nennt man den Hahn einen Niederschraub-Durchlaufhahn. Für Waschküchen etc. werden die Auslaufhähne oft am gekrümmten Ende mit Gewinde versehen, damit hier die Verschraubung eines Schlauches angeschraubt werden kann.

Fig. 864.



Vor allen Dingen müssen Hauswasserleitungen vor Frost geschützt werden, in der Erde liegende Leitungen sind daher wenigstens 1,2 Meter tief unter dem Terrain zu verlegen, nur in Kellern, Souterrains oder andern vor Frost geschützten Orten dürfen sie höher gelegt werden. Steigeleitungen und Abzweigröhren sind möglichst in Mittelmauern, die im Winter durch Küchenherde und Zimmeröfen erwärmt werden, entlang zu führen, und, auch wenn die Röhren nicht gerade exponirt liegen, sollen sie mit Filz, Wolle oder andern schlechten Wärmeleitern umhüllt sein. In solchen Gebäudetheilen, wo die Röhren dem Froste ausgesetzt sind, ist die sorgfältige Umwickelung der Röhren allein nicht ausreichend, hier müssen die womöglich mit Holz ausgekleideten Canäle der Leitung noch mit schlechten Wärmeleitern vollständig ausgefüllt werden, und in der Mitte dieser Ausfüllung muss sich die Leitung befinden. Man kann die Röhren auch mit einer in einem Leitungscanal eingeschlossenen Luftschicht umgeben, da eingeschlossene Luft ein sehr schlechter Wärmeleiter ist. Herr Ing. **Stumpf** hat für eine Leitung in einer Mauer am Thorwege einen ca. 19 Centim. tiefen Schlitz einhauen und denselben mit Cement glatt verputzen lassen. Die in diesen Schlitz eingelegten Röhren wurden, nach dem Querschnitte Fig. 865, gegen die Wand auf ca. 1,2 Meter von einander abstehende Holzsattel gelegt und der zur Befestigung dienende Haken wurde in der Nähe dieses Holzes in die Mauer eingeschlagen, unter denselben jedoch ebenfalls ein Holzsattel gelegt. Das Zu- und Abflussrohr ist im Uebrigen **unbewickelt** und nur von der in dem Luftschachte befindlichen Luft umgeben. Bei der Zumauerung des Schlitzes mittelst eines flachen Steines in Cement ist besonders darauf geachtet, dass kein Cement in den Schlitz hineinfallen konnte, weil derselbe sonst die Wärmeleitung zwischen Zuleitungsrohr und der Mauer vermittelt hätte; die Aussenseite des Schlitzes wurde sorgfältig verputzt. Trotz seiner exponirten Lage ist dieses Zuleitungsrohr bei anhaltendem strengen Frost nie eingefroren. In einem andern Falle, wo die Haken keine Holzunterlage hatten, jede Röhre jedoch mit Filz umwickelt und der Schlitz mit Holz verdeckt war, sind die Röhren eingefroren. In einem 3. Falle geschah dies, weil der Verschluss des Luftschachtes an einigen Stellen nicht ganz dicht hergestellt war. Der Luftschacht gewährte aber auch hier noch den Vortheil, dass man durch Einschlagen eines Steines im Keller und in der obersten Etage 2 Oeffnungen in demselben herstellen und in der untern Oeffnung ein Kohlenbecken anbringen konnte, durch dessen in dem Schachte aufsteigende Wärme die Röhren in kürzester Zeit aufgethaut wurden.

Fig. 865.



Wasserausläufe in Höfen oder in anderen gegen Frost ungeschützten Räumen, müssen stets durch sog. **Frosthähne**, die in der 1,2 Meter tief liegenden Erdleitung möglichst nahe an den Auslaufhähnen eingeschaltet werden, geschützt sein. Durch einen Aufsatzschlüssel von bequemer Länge werden dieselben geöffnet und geschlossen und bewirken die Frosthähne nach dem Verschlusse die Entleerung des vor den Hähnen befindlichen Theiles der Leitung, wodurch das Einfrieren unmöglich wird.

Für die vollständige Ausführung der Hauswasserleitung excl. Wiederherstellung des Strassenpflasters wird etwa berechnet: pro lfd. Meter 13 Millim. weitem **Bleirohr** 2 Mark, 20 Millim. weitem 3 Mark, 26 Millim. weitem 4,8 Mark; 40 Millim. weitem **Eisenrohr** 3,8 Mark, 50 Millim. weitem 4 Mark, 65 Millim. weitem 5,1 Mark, 80 Millim. weitem 6 Mark; für einen **Sauger** von 13 Millim. Weite 1,5 Mark, von 20 Millim. Weite 2,4 Mark, von 26 Millim. Weite 4,5 Mark; für einen **Anbohrungshahn** mit Verbindung bei 13 Millim. Durchmesser 4,5 Mark, bei 20 Millim. Durchmesser 5 Mark, bei 26 Millim. Durchmesser 10 Mark, bei 33 Millim. Durchmesser 18 Mark, bei 40 Millim. Durchmesser 23,5 Mark; für einen **Haupthahn** mit Entleerungsöffnung bei 13 Millim. Durchmesser 7 Mark, bei 20 Millim. Durchmesser 8,5 Mark, bei 26 Millim. Durchmesser 12 Mark, bei 33 Millim. Durchmesser 27 Mark, bei 40 Millim. Durchmesser 36 Mark; für einen **Niederschraub-Auslaufhahn** bei 13 Millim. Weite 4,2 Mark, bei 20 Millim. Weite 6,3 Mark, bei 26 Millim. Weite 10,8 Mark, bei 33 Millim. Weite 21,6 Mark, bei 40 Millim. Weite 29 Mark; Niederschraubhähne zum Anschrauben von Schläuchen sind etwa $1^1/_2$ mal theurer; für einen Messing-**Feuerhahn** bei 20 Millim. Weite 12,6 Mark, bei 26 Millim. Weite 19 Mark.

Empfehlenswerth ist es, Wasserklosets und Badeeinrichtungen nicht mit dem directen Drucke der Leitungen zu speisen, sondern die Zuleitungen in kleinere Reservoirs zu führen, die auf dem Dachboden oder in anderen passenden Räumen aufgestellt werden; von diesen Reservoirs aus erhalten dann die Klosets und Bäder ihr Wasser. Der Zufluss zum Reservoir wird selbstthätig durch einen **Schwimmkugelhahn** regulirt. Fig. 866 zeigt einen Theil eines derartigen aus Blech und Winkeleisen construirten Reservoirs im Querschnitt, das Wasser strömt durch das Rohr *a* und tritt durch *b* in das Reservoir; an dem Ende des entsprechend langen Hebelarmes *c* ist eine hohle Kugel aus schwachem Kupferblech befestigt, die etwa einen Durchmesser hat, der 8mal so gross ist als der des Zuflussrohres. Die hohle Kugel schwimmt auf dem Wasser und wird durch den Auftrieb desselben gehoben, sie hebt somit den Hebel *c*, dessen kurzer Arm die Stange *d* niederdrückt, wodurch die an *d* befestigte Gummischeibe auf die Mündung des Rohres *b* gedrückt und der Wasserzufluss abgesperrt wird. Durch die Verschraubung *e* ist die Gummischeibe zwischen dem obern und untern Theil des Hahnes eingeklemmt. Eine etwas andere Construction des Schwimmkugelhahnes giebt Fig. 867; hier ist der Hebel *c* einarmig und den Wasserabschluss bewirkt die Scheibe *e*, welche von dem Hebel *c* gehoben wird, wenn das Reservoir gefüllt ist. Die Dichtung oberhalb des Zuflussrohres bei *n* wird durch eine Ledermanschette bewerkstelligt. Ein derartiger completer Hahn kostet bei 20 Millim. Rohrweite 14 Mark, bei 26 Millim. Weite 18 und bei 40 Millim. Weite 33 Mark.

Fig. 866.

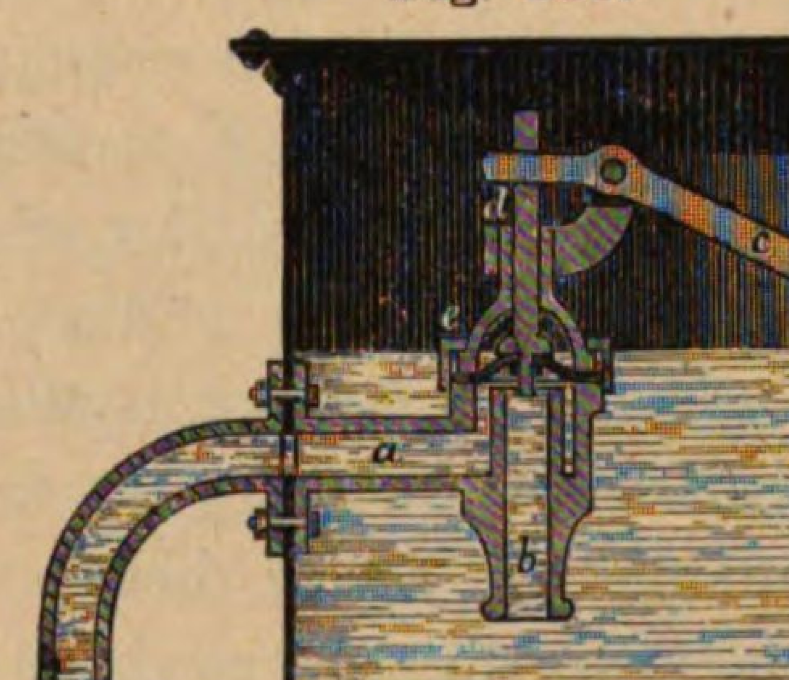
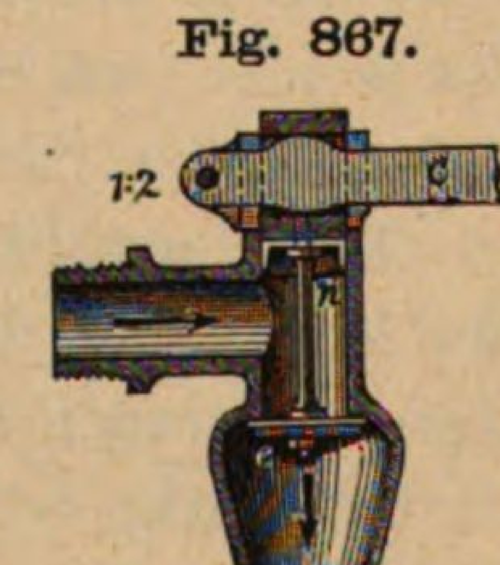


Fig. 867.

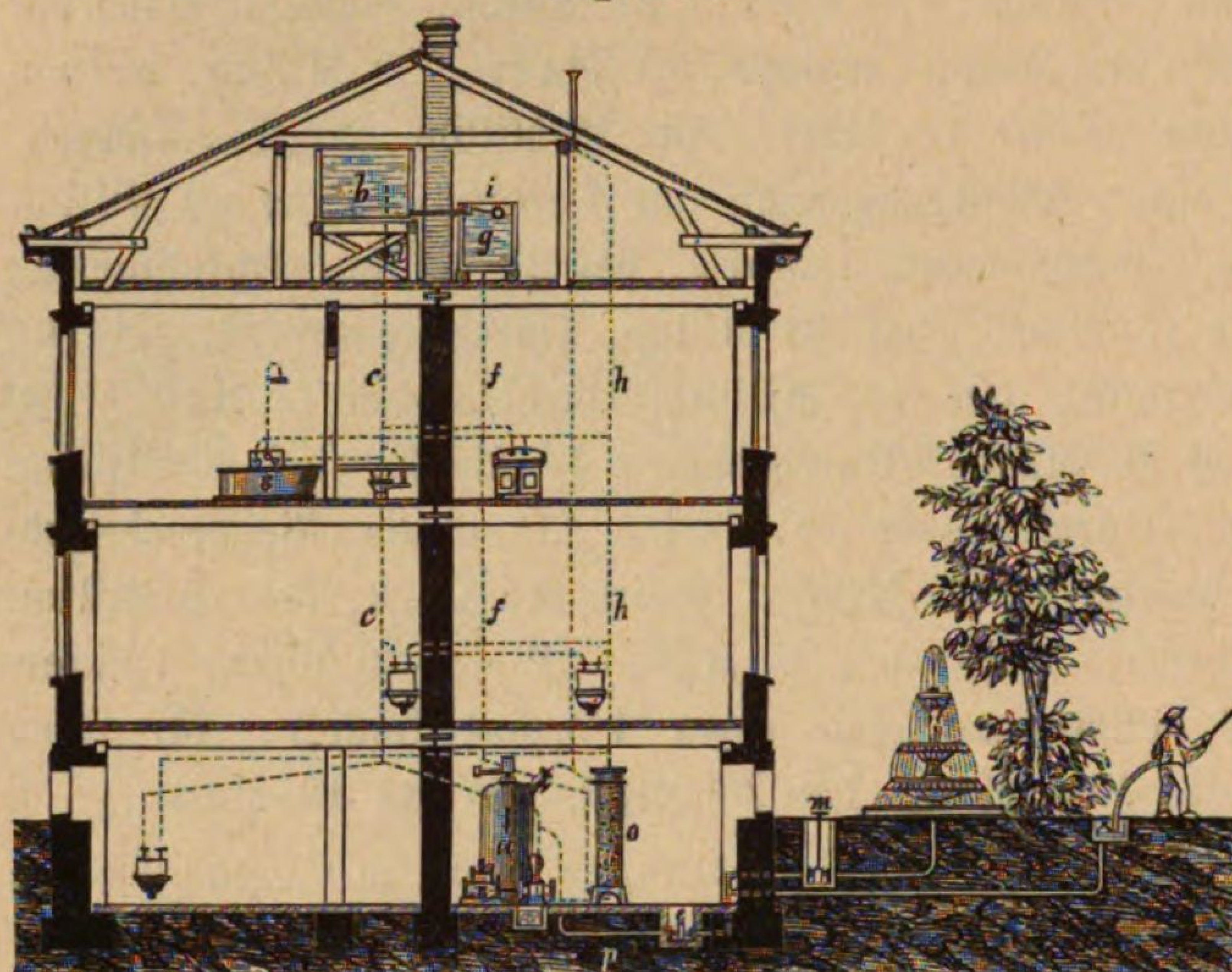


Um grössere Landhäuser in bequemer Weise mit Wasser zu versorgen, wendet man am zweckmässigsten ein von einer kleinen Maschine betriebenes Pumpwerk an. Ein solches von Herrn Ing. **Stumpf***) construirtes System der Wasserversorgung ist in Fig. 868 dargestellt. Neben der Waschküche im Souterrain ist ein kleiner Dampfkessel *a* aufgestellt, der eine doppeltwirkende Dampfpumpe treibt, die das Wasser aus einem in der Nähe befindlichen Brunnen saugt. Das Wasser gelangt direct durch das Druckrohr *c* in das Reservoir *b* und kann das Druckrohr *c*, da die Pumpe doppeltwirkend ist, zugleich als Hauptrohr der Kaltwasserleitung dienen, von dem die Abzweigungen nach der Küche, nach dem Badezimmer, nach den Waschbecken und Klosets etc. gespeist werden. Im

*) Vom Herrn **H. Henneberg** mitgetheilt in der Deutschen Bauzeitung 1870, S. 311.

Falle einer Reparatur wird die ganze Leitung durch den Haupthahn *d* abgesperrt. Der Rohrstrang *p* führt das Wasser in den Garten zu den Sprenghähnen und durch den Hahn *m* zur Fontaine, er kann durch den Hahn *e* im Winter ganz abgesperrt werden. So lange im Garten Wasser gebraucht wird, arbeitet die Pumpe unausgesetzt, sonst ist nur das Reservoir gefüllt zu erhalten, und wird die Controle hierüber durch einen Schwimmer angezeigt, von dem aus eine Kette mit Zeiger zum Kessel in das Souterrain geführt ist; ausserdem giebt aber noch ein nach unten geführtes Ueberlaufrohr die vollständige Füllung des Reservoirs an.

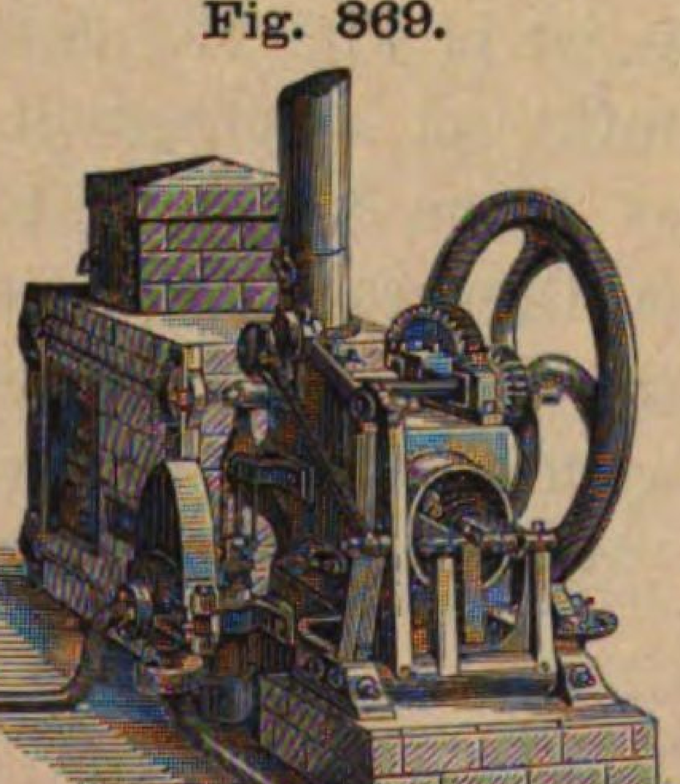
Fig. 868.



In comfortabel eingerichteten Wohnhäusern wird ausser der Kaltwasserleitung in neuerer Zeit auch noch eine Warmwasserleitung verlangt, aus der man zu jeder Tageszeit an den gewünschten Orten warmes Wasser entnehmen kann. Zu diesem Zwecke ist im Souterrain, Fig. 868, neben Kessel und Dampfpumpe ein Vorwärmer *o* aufgestellt, der entweder durch den abgehenden Dampf der Pumpe, oder wenn diese ausser Thätigkeit ist, durch frischen Kesseldampf erwärmt wird. Von dem Reservoir *g*, welches sein Wasser durch den Schwimmkugelhahn *i* aus dem Reservoir *b* erhält, ist der Rohrstrang *f* nach dem Vorwärmer *o* geführt, in dessen unteren Boden er einmündet. Im Vorwärmer liegt eine vom Wasser umspülte Rohrschlange, die als Exhaustrohr der Dampfpumpe zum Dache hinausgeführt ist und worin ganz oben das Steigerohr *h* des erwärmten Wassers einmündet. Da in diesem Steigerohr *h* das warme Wasser so hoch steht wie der Spiegel des Reservoirs *g*, so kann aus allen mit *h* zusammenhängenden Seitensträngen warmes Wasser entnommen werden, und in dem Maasse, wie hier warmes Wasser entnommen wird, sinkt kaltes Wasser aus dem Reservoir *g* nach unten, um in *o* neu erwärmt zu werden. Von *h* aus sind Seitenstränge nach der Küche und Waschküche, nach den Waschtoiletten und nach der Badewanne *s* geführt.

Bei einem Förderquantum von 3 Cubikmeter pro Stunde kostet die Dampfpumpe etwa 450 Mark, bei dem doppelten Förderquantum etwa 600 Mark. Die Kosten des Dampfkessels betragen ca. 900, resp. 1200 Mark, und die des Vorwärmers incl. Schlange 300 bis 360 Mark, während für die Leitungen die oben angegebenen Preise anzunehmen sind. Die Gesammtkosten der Leitung eines 2stöckigen Landhauses mit 10 Zimmern und Zubehör, wenn 3 Wasserklosets für die Herrschaft, 1 Kloset für die Dienerschaft, 1 completes Bad, 2 Toiletten, 2 Becken und Hähne, Waschhausleitung, 1 Feuerhahn, 1 Sprenghahn für den Hof und Abführungsleitung bis zur Grenze des Hauses zur Ausführung kommen, betragen mit Pumpwerk und Reservoir etwa 3300 bis 4500 Mark. Bei Ausführung einer Warmwasserleitung erhöhen sich die Kosten um etwa 30%.

Fig. 869.



Anstatt der Dampfpumpe kann man auch zweckmässig eine **Heissluftmaschine** in Verbindung mit Pumpe anwenden; solche werden von der **Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Actiengesellschaft** zu Berlin-Moabit und in Dessau geliefert. Die Ansicht der Maschine zeigt Fig. 869; bei 1/4 Pferdekraft kostet diese Maschine incl. Pumpe 1200 Mark, bei 1/3 Pferdekraft 1500 Mark. Wird auch eine Warmwasserleitung verlangt, so muss in dem Heizofen

dieser Maschine ein besonderer Kessel eingemauert werden, in dem das Wasser erwärmt wird. Die Rohrverbindung mit dem Kessel ist dann in ähnlicher Weise auszuführen, wie die Verbindung in Fig. 868 mit dem Vorwärmer *o*, nur muss das Steigerohr direct bis über das Dach geführt werden, weil kein Exhaustrohr vorhanden ist, aus dem die sich entwickelnden Dämpfe entweichen könnten. Auch die Ing. **Holdorff & Brückner** in Wien liefern Heissluftmaschinen von vorzüglicher Construction.

Man kann auch eine Warmwasserleitung dadurch herstellen, dass man ein eisernes Schlangenrohr in den Küchenherd einlegt und von dieser Schlange aus 2 Circulationsröhren in ein höher gelegenes Reservoir führt, wodurch das in dem Reservoir befindliche Wasser erwärmt und durch besondere Röhren den Waschbecken etc. zugeführt wird. Oder es wird eine genügend grosse Kupferblase mit besonderer Feuerung an dem Kochherd aufgestellt, von deren Boden aus ein Füllrohr nach einem Reservoir führt, während ein Steigerohr von dem obern Theil der Blase ausgehend, die Waschtoiletten etc. mit warmem Wasser versorgt.

Die Ableitungen des verbrauchten Wassers in Wohnhäusern müssen genügende Weite erhalten, um das benutzte Wasserquantum rasch fortschaffen zu können; hierbei ist das Eindringen von Küchenabfällen und anderen festen Körpern in die Abflussrohre sorgfältig zu verhindern, weil diese eine Verstopfung der Röhren bewirken würden. Ferner ist darauf Rücksicht zu nehmen, dass die in den Abflusscanälen sich bildenden übelriechenden Gase nicht aus den Ableitungsröhren heraustreten können; dies wird am besten durch Wasserverschlüsse erreicht.

Fig. 870.

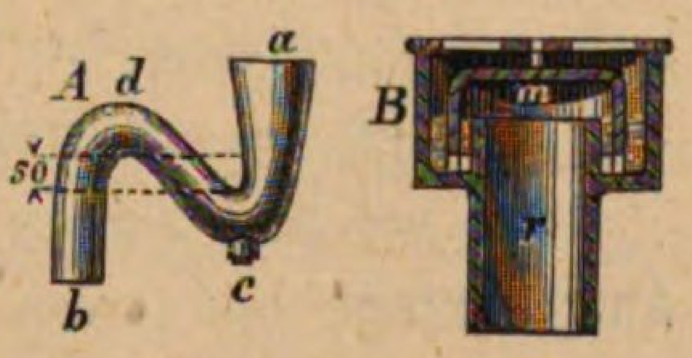


Fig. 870 *A* zeigt einen einfachen Wasserverschluss, die bei *a* einfliessende Flüssigkeit füllt den Wassersack *c* aus, kann also erst bei genügender Ansammlung bei *d* übersteigen und durch den Schenkel *b* abfliessen; von *b* aus können also keine Gase nach *a* durchdringen, da der Rohrquerschnitt bei *c* vollständig versperrt ist. Sollte etwa eine Schlammverstopfung bei *c* eintreten, so dient die hier angebrachte durch eine Schraube verschlossene Oeffnung zur Reinigung des Wassersackes.

Der in Fig. 870 *B* dargestellte Wasserverschluss dient für Küchenausgüsse und wird in den Spülstein eingelassen. Am Abflussrohre *r* befindet sich oben ein erweitertes Becken, welches mit einem durchbrochenen Deckel bedeckt ist, unter dem Deckel steht eine Glocke *m*, wodurch das Abflussrohr *r* vollständig verdeckt wird. Diese Glocke hat unten kleine Oeffnungen, durch welche das Wasser durchfliessen, innerhalb der Glocke aufsteigen und nach *r* abfliessen kann. Alle festen Körper, wie Sand etc., müssen sich ausserhalb der Glocke *m* ablagern und können nach Herausnahme des durchbrochenen Deckels und der Glocke *m* beseitigt werden. Uebelriechende Gase können ebenfalls nicht aus dem Rohre *r* heraus, weil die im Wasser stehende Glocke *m* einen dichten Abschluss bildet. Dieser Verschluss wird auch vielfach für den Abfluss unter gewöhnlichen Zapfhähnen angewendet.

Fig. 871.

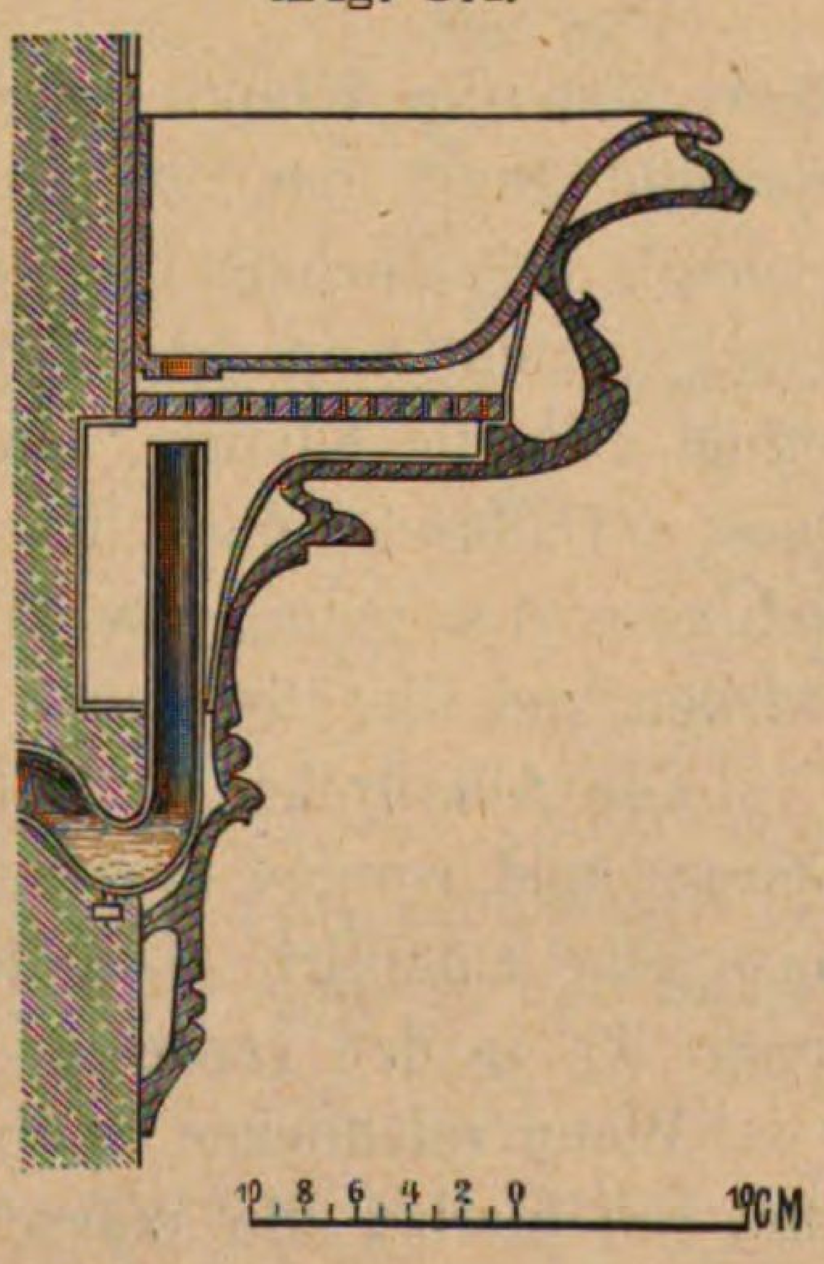


Fig. 871 zeigt ein Ausgussbecken mit darüber befindlichem Wasserhahn aus dem neuen chemischen Laboratorium zu Berlin. Dasselbe ist im Aeussern aus Gusseisen construirt und liegt hierin das eigentliche Porzellan-Ausgussbecken. Unter der Oeffnung dieses Beckens liegt eine siebartig durchbohrte Schieferplatte, die alle festen Theile, welche ein Verstopfen des Abflussrohres veranlassen könnten, zurückhält. Unterhalb dieser Platte befindet sich ein Wassersack aus Walzblei, der den Zweck hat, hineingegossene Säuren möglichst zu verdünnen, damit das Bleiabflussrohr von den Säuren weniger angegriffen wird; erst wenn der Wasser-

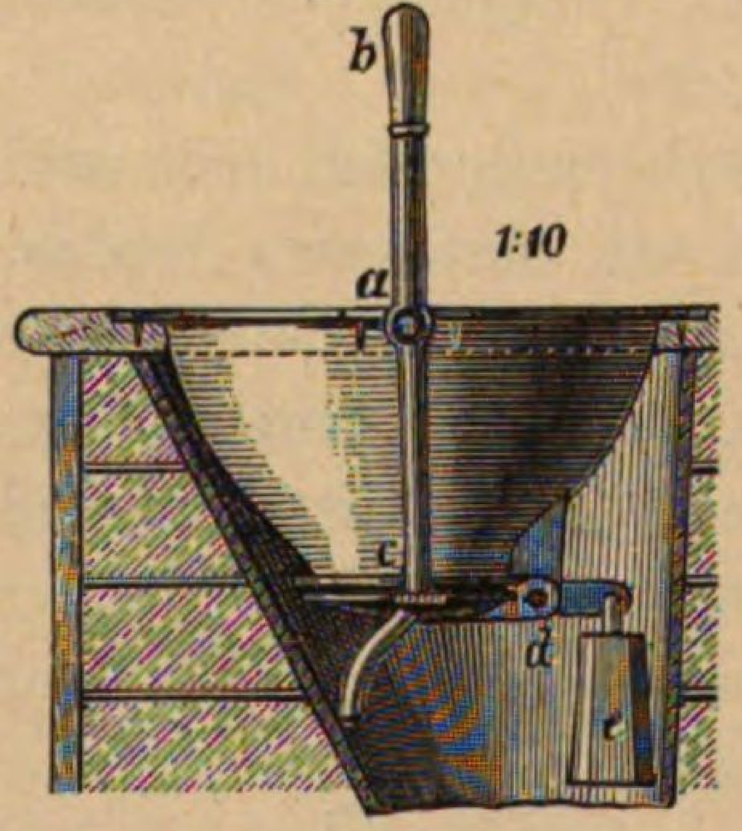
sack fast vollständig gefüllt ist, kann das Wasser in das Abflussrohr gelangen. Das letztere hat unten ebenfalls einen Wassersack, wodurch die stinkenden Gase in der Abflussleitung zurückgehalten werden.

Für Abflussröhren eines Zapfhahns in Küche, Waschküche, am Waschbecken, an einer Badewanne etc. genügt erfahrungsmässig ein Durchmesser von 40 bis 50 Millim.; Abflussröhren für mehrere Küchen, Waschtoiletten, Badeeinrichtungen etc. erhalten 65 bis 100 Millim. Durchmesser; stehende Abflussrohre für ein Wasserkloset werden nicht unter 100 Millim. weit ausgeführt, dieser Durchmesser genügt auch noch für 4 Klosets, münden mehrere ein, so erhält das Rohr 125 Millim. Weite; liegende Rohre erhalten je nach der Zahl der einmündenden Klosets und je nach dem Rohrgefälle 125 bis 200 Millim. lichte Weite. Die Röhren werden am besten aus Gusseisen hergestellt, sie erhalten schwache Wandungen und werden inwendig emaillirt; auch gut gebrannte glasirte Thonröhren sind zweckmässig. Glasirte Thonröhren kosten pro lfd. Meter bei 100 Millim. lichter Weite etwa 2,5 Mark; gusseiserne Röhren von der **Tangerhütte** bei Magdeburg roh 3,8 Mark, emaillirt 6,8 Mark pro lfd. Meter bei derselben lichten Weite. **G. Kuhn** in Stuttgart-Berg liefert ebenfalls alle Arten Abfallröhren aus Gusseisen. Die Dichtung der Muffenröhren ist S. 72 angegeben.

Abflussröhren in Wohngebäuden müssen sorgfältig gegen Frost geschützt sein (vergl. Fig. 865) und werden bis über das Dach hinaus verlängert; dies ist desshalb nothwendig, weil im andern Falle die Temperaturdifferenz der äussern und innern Luft eine Spannung der Gase im Rohre hervorruft, so dass diese durch den Wasserverschluss hindurch den Weg nach den Wohnräumen suchen. Der rasche Fall der oben ausgegossenen Flüssigkeiten bringt eine Luftverdünnung im Rohre hervor, welche die Wasserverschlüsse entleert und so den Gasen freien Abzug nach den Wohnräumen gewährt.

In solchen Fällen, wo man nur das verbrauchte Küchenwasser zur Spülung einer **Abtrittanlage** benutzen will, und der Abtritt zugleich als Küchenausguss dient, ist die in Fig. 872 angegebene Einrichtung empfehlenswerth. Die mit 4 bis 5 Millimeter starker Wandung aus Gusseisen hergestellte Schaale ist inwendig emaillirt und wird unten durch eine Klappe verschlossen gehalten. Diese dreht sich um den Stift *d*, der durch 2 an der Schaale angegossene Lappen durchgesteckt ist; zwischen diesen Lappen ist ein an der Klappe festsitzender Hebelarm hindurch geführt, an dem das Gewicht *e* hängt, welches den beständigen Verschluss der Klappe bewirkt. Wird nun die Schaale oder das Becken durch Eingiessen von Wasser gespült, so wird die Klappe niedergedrückt und das Gewicht *e* gehoben, welches nach dem Durchlassen der Flüssigkeit die Klappe sofort wieder schliesst. Uebrigens lässt sich die Klappe auch durch einen 2armigen Hebel öffnen, der seitlich an der Schaale durch das Sitzbrett geführt ist; derselbe dreht sich um *a*, ist nach unten, der Schaale entsprechend, gekröpft und bei *c* durch ein an der Klappe befestigtes Oehr gesteckt; zieht man den Handgriff *b* des Hebels nach der Vorderkante des Sitzbrettes, so öffnet sich die Klappe, sie schliesst sich aber wieder, sobald man den Handgriff *b* loslässt. Dadurch, dass die Verschlussklappe kugelig geformt ist, bleibt nach dem Verschlusse eine genügende Wassermenge darin stehen, um einen dichten Verschluss zu bewirken und die stinkenden Gase im Rohre zurück zu halten.

Fig. 872.

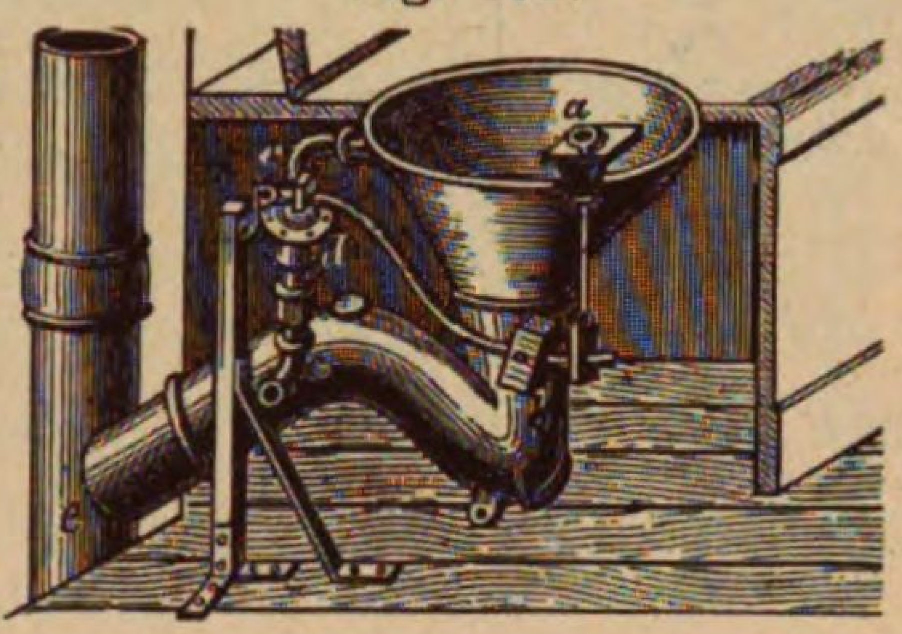


Die Abfallrohre für solche Abtritte erhalten nicht unter 16, besser 20 Centim. Durchmesser und werden aus glasirtem Thon oder Gusseisen hergestellt, letztere zweckmässig inwendig emaillirt. Die Rohre von den Sitzen führt man unter einem Winkel von 60, resp. 30° in den verticalen Strang ein.

Wenn reichliches Spülwasser vorhanden ist, sind **Wasserklosets** immer zu empfehlen, und soll hierbei die Wasserspülung pro Person und Tag nicht unter 10 Liter betragen.

Wird das durch einen Schwimmkugelhahn mit der Hausleitung in Verbindung stehende Reservoir im Abtritte so hoch gestellt, dass die Druckhöhe 2,2 Meter beträgt, so ist ein 20 Millim. weites Zuleitungsrohr genügend. Man theilt die Wasserklosets in 3 Klassen; bei der III. Klasse wird der Wasserverschluss durch einen gebogenen Hals gebildet, die II. Klasse hat eine bewegliche Schaale, die I. Klasse eine bewegliche Schaale und nochmaligen Wasserverschluss durch den sog. Stinktopf. In Fig. 873 ist die einfachere gewöhnlich angewendete III. Klasse der Wasserklosets dargestellt. Die feste Schaale mündet in dem Wasserverschluss, dessen geneigter Schenkel in das 10 bis 12 Centim. weite Abflussrohr *e* eingeführt ist. Der Handgriff *a*, geführt in einem Messinggehäuse, welches in dem Sitzbrette eingelassen ist, greift über eine gekrümmte, durch ein Gewicht *b* belastete Ventilstange, die sich am andern Ende in einem Charnier dreht. Hebt man den Handgriff *a*, so wird das Ventil durch die krumme Ventilstange *d* geöffnet und das Spülwasser strömt durch das Rohr *c* in das Klosetbecken, nach Loslassen des Handgriffes *a* schliesst das Gewicht *b* das Ventil *d* und der Wasserzufluss hört auf. Zuweilen geschieht die Spülung auch durch einen selbstthätigen Mechanismus bei jedesmaliger Benutzung des Klosets, doch dürfte diese Einrichtung weniger empfehlenswerth sein.

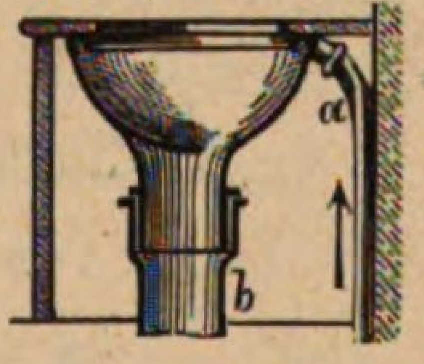
Fig. 873.



Der Preis eines fertigen Wasserklosets beträgt 75 bis 150 Mark, je nach der Einrichtung des Wasserverschlusses, die sehr verschieden ist, und je nach der mehr oder weniger eleganten Ausführung des Sitzes. Geeignete Dimensionen der Abtrittzelle sind: Breite der Zelle = 90 Centim., Tiefe der Zelle vor dem Sitze = 70 Centim., Höhe des Sitzes = 47 Centim. und Tiefe des Sitzes = 50 Centimeter. Das horizontale Sitzbrett erhält zweckmässig eine ovale Sitzöffnung, die 6 Centim. vom vorderen Rande des Brettes beginnt und 30 Centim. Länge bei 23 Centim. grösster Breite erhält.

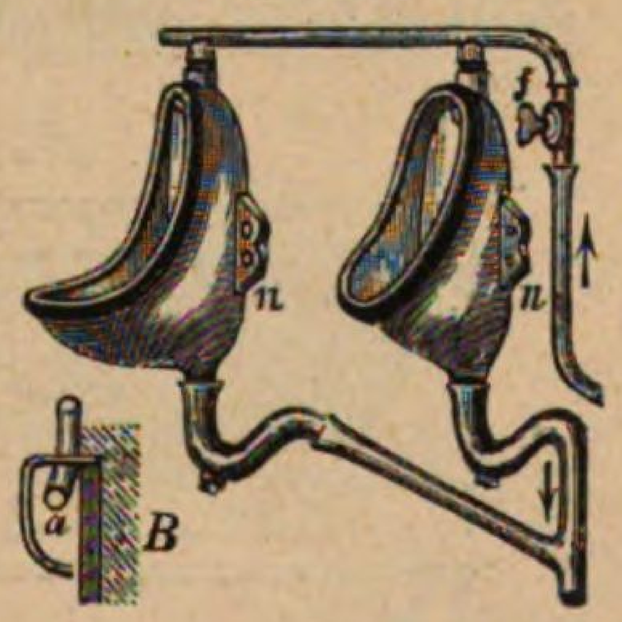
Auf Bahnhöfen und in anderen Verkehrsanstalten ist es sehr zweckmässig, Klosets mit continuirlicher Spülung einzurichten. Die gusseiserne inwendig emaillirte Schaale hat dann nach Fig. 874 oben einen nach innen umgebogenen Rand und das Spülwasser strömt durch das Rohr *a* tangential unter diesen Rand im Kreise um die Schaale herum; hierdurch wird die Schaale vollständig rein erhalten und der Unrath durch eine Oeffnung im Boden der Schaale in das 10 Centim. weite Rohr *b* abgeführt. Solche Klosets sind auf dem Ostbahnhofe*) und auf dem Lehrter-Bahnhofe zu Berlin ausgeführt.

Fig. 874.



Pissoirs in Wohn- und öffentlichen Gebäuden bildet man häufig aus Porzellanbecken mit Spülung von oben und unterem Abfluss. Fig. 875 zeigt eine der gebräuchlichsten Form dieser Becken; *n* sind Lappen zur Befestigung der Becken an den Wänden, *w* Wasserverschlüsse aus Bleirohr gebogen und *f* ist ein Niederschraubhahn zur zeitweisen Spülung der Pissoirbecken. Stark frequentirte Pissoirs mit continuirlicher Wasserspülung werden am besten in der Weise ausgeführt, dass man die Umfassungswände ca. 1,2 Meter hoch mit geschliffenen 2 Centimeter starken Schieferplatten bekleidet und oben wie bei *B*, Fig. 875 ein horizontales Wasserleitungsrohr *a* anbringt, welches vorne mit feinen Löchern versehen ist. Dieses Rohr wird mit Zinkblech so umkleidet, dass das aus dem Rohr ausstrahlende Wasser gegen die Zinkkappe spritzt und von dieser dicht an die Schieferplatten geleitet wird, so dass es daran hinunter fliesst. Soweit die Urinwand reicht, wird im Fussboden eine Rinne mit geringem Gefälle hergestellt, die aus Ziegeln gemauert und wie der Fussboden mit Asphalt

Fig. 875.



*) Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1870, Blatt 6.

2 Centim. stark überzogen sein kann; der Fussboden muss nach der Rinne zu entsprechendes Gefälle erhalten, damit alle Flüssigkeit in die Rinne abgeführt wird.

Waschtoiletten werden in Bezug auf äussere Ausstattung sehr verschiedenartig ausgeführt, im Prinzipe jedoch weicht deren Einrichtung nicht wesentlich von einander ab.

Fig. 876.

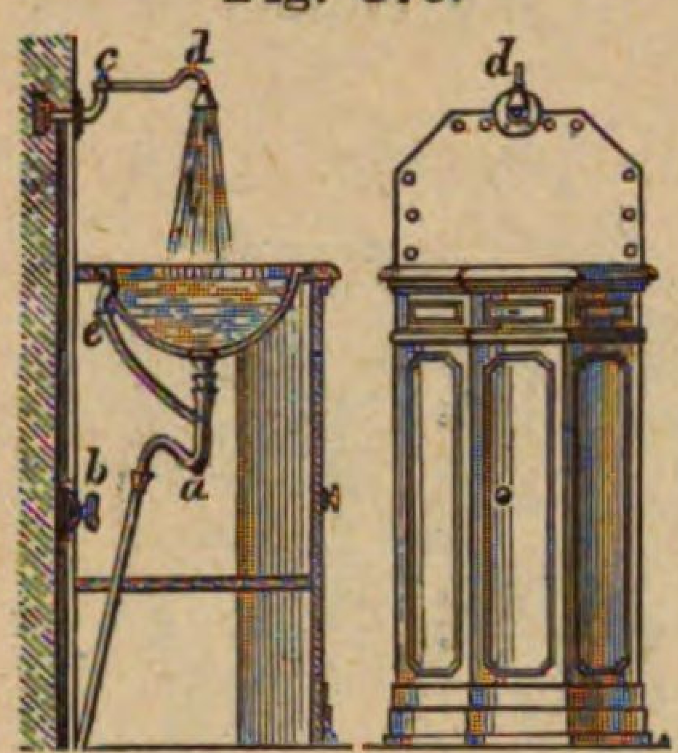
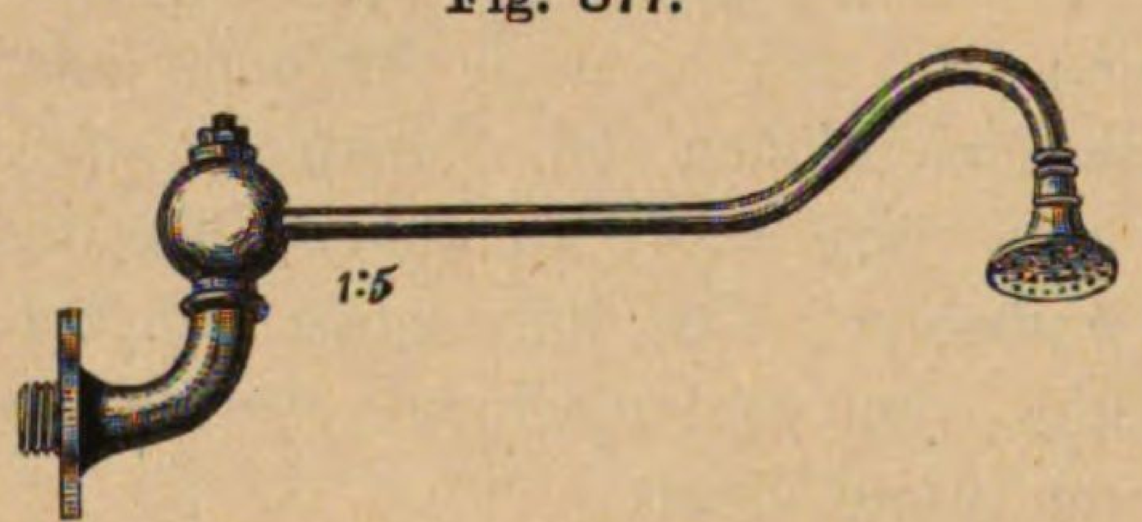


Fig. 876 zeigt eine einfachere Waschtoilette in der Vorderansicht und im Verticalschnitte. Das Waschbecken besteht gewöhnlich aus Porzellan, es hat am Boden einen eingekitteten Ventilsitz, dessen Kegel an einem feinen ausserhalb des Beckens befestigten Messingkettchen hängt, durch Herausziehen des Ventilkegels entleert sich das Becken in ein Bleirohr mit dem Wasserverschluss *a*. Zur Verhinderung eines etwaigen Ueberfliessens des Beckens befindet sich am oberen Rande desselben eine Oeffnung mit einem feinen Siebe, das hier abfliessende Wasser gelangt durch das kurze Rohrstück *e* in das 40 bis 50 Millim. weite Abflussrohr. Es ist zweckmässig, das Rohrstück *e* hinter dem Wasserverschlusse *a* in das Abflussrohr einmünden zu lassen, weil sonst bei etwaiger Verstopfung des Wasserverschlusses das Becken doch überfliessen könnte.

Der Wasserzufluss erfolgt durch den sog. **Schwenkhahn** *d*, der sich um *c* dreht und hier den Verschluss hat; dreht man *d* über das Waschbecken, so strömt das Wasser durch ein feines Sieb aus, der Zufluss hört aber auf, wenn man *d* zur Seite dreht. Das Detail des Schwenkhahnes ist in Fig. 877 deutlicher dargestellt. Ist eine Warmwasserleitung vorhanden, so müssen 2 solche Hähne über dem Waschbecken angebracht werden. Bei *b*, Fig. 876, befindet sich noch ein Niederschraubhahn, wodurch die Leitung abgesperrt werden kann, wenn etwa der Schwenkhahn undicht geworden ist.

Fig. 877.



Badeeinrichtungen für Privathäuser werden meistens nach dem in Fig. 878 dargestellten Prinzipe ausgeführt. *a* ist die mit einem höher gelegenen Reservoir in Verbindung stehende Kaltwasserleitung; bei *b*-*c* befinden sich 3 Niederschraubhähne, *b* für den Warmwasserzufluss zur Badewanne, *c* für den Kaltwasserzufluss, während der mittlere Hahn die Douche *h* speist. Oeffnet man den Hahn *b*, so wird aus der Leitung *a* kaltes Wasser durch das Rohr *f* in den Circulirofen *i* geführt und in dem Maasse wie hier kaltes Wasser zuströmt, fliesst durch das Rohr *g* erwärmtes Wasser aus dem Ausfluss *e* in die Wanne. Wird der Hahn *c* geöffnet, so strömt kaltes Wasser durch das mit *a* verbundene Rohr aus dem Ausfluss *d*, man kann durch Oeffnung des einen oder anderen Hahnes das Bad also beliebig warm herstellen. *k* ist das Abflussrohr, wodurch die Wanne entleert wird. Der Circulationsofen besteht aus einem äussern Mantel von Eisenblech und aus einem innern Feuerrohr, von dem oben ein seitliches Rohr zur Abführung der Verbrennungsgase abzweigt. Dieses Rohr ist vom Wasser umspült, welches sich daran erwärmt und nach oben steigt, um hier abgeführt zu werden. Man leitet das kalte Wasser auch zweckmässig oben in den Ofen ein und führt es durch ein Leitungsrohr zwischen Mantel und Feuerrohr bis nahe an den Boden des Ofens. Bei **A. L. G. Dehne** in Halle a/S. kosten die Oefen mit Mantel und Heizrohr aus Kupfer 195 Mark, aus Eisenblech 135 Mark.

Fig. 878.

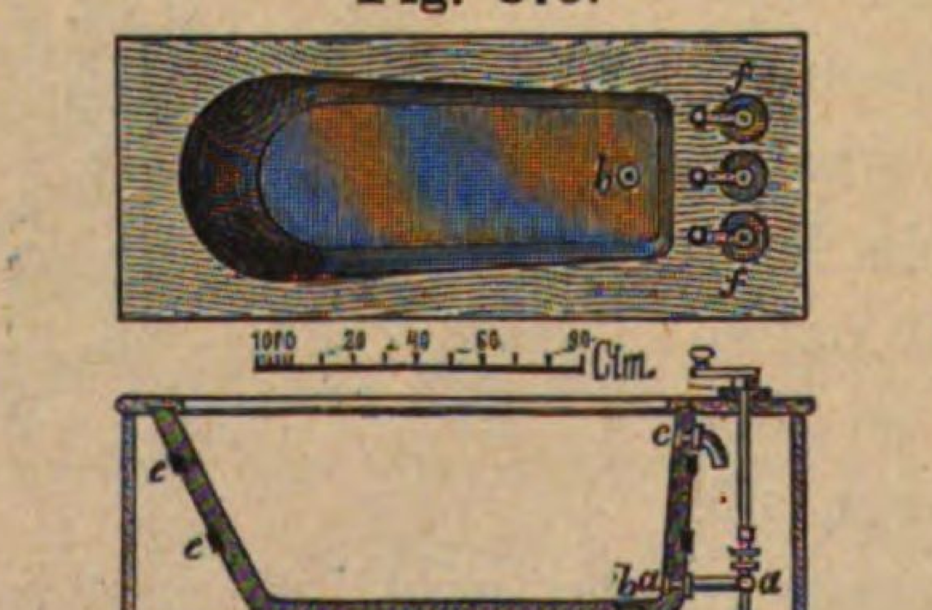
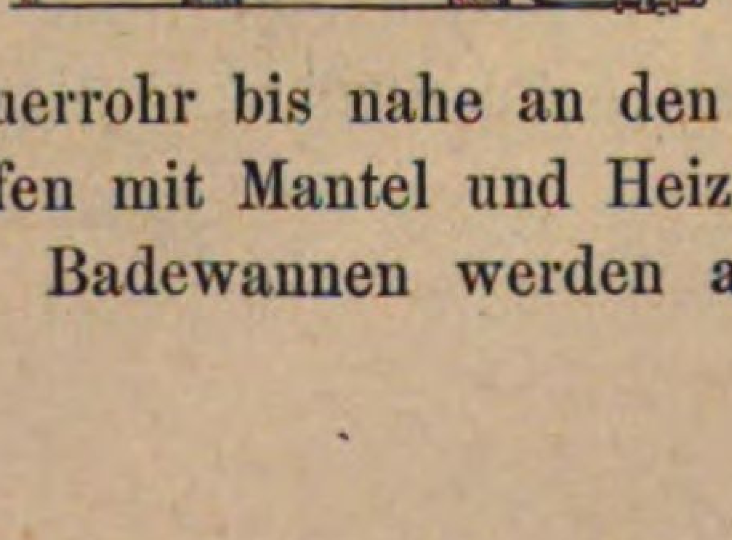


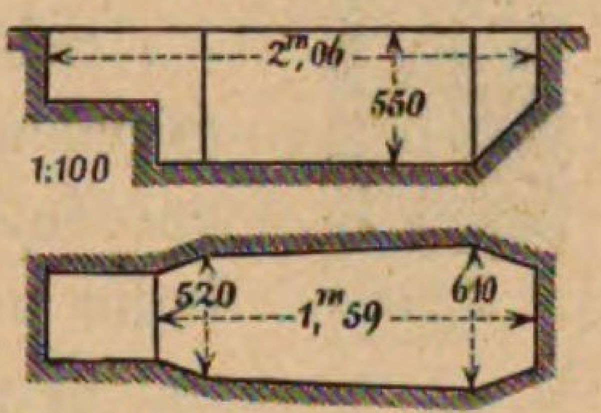
Fig. 879.



Badewannen werden am billigsten aus Zinkblech gefertigt; da Zink aber ein guter

Wärmeleiter ist und das Bad darin bald abkühlt, können diese nicht zweckmässig genannt werden. Sehr gut sind die aus einem Stück gebrannten glasirten engl. Porzellanwannen, welche **J. Finch**, Adam-Street 11 in London, liefert, da sie eine gefällige, auf wenig Wasserverbrauch berechnete Form haben und zugleich schlechte Wärmeleiter sind. Fig. 879 zeigt diese Badewannen im Grundriss und im Längenschnitt, sie haben 65 Millim. Wandstärke und sind mit 2 starken eisernen Bändern *e* bezogen, um ein etwaiges Springen derselben zu vermeiden. *a* ist das Zuflussrohr für das warme und für das kalte Wasser, *b* das Abflussrohr und *c* das mit dem Abflussrohr in Verbindung stehende Ueberlaufrohr, welches die Ueberfüllung der Wanne verhindert. Am Fussende der Wanne sind 3 Ventile *f* angebracht, eins der äussern für den Zufluss des kalten, das andere für den Zufluss des warmen Wassers bestimmt, während das mittlere Ventil den Abfluss öffnet und schliesst; durch die Zuströmung des warmen Wassers von unten wird die Dampfbildung im Baderaum vermieden. Die Wanne ruht auf 2 hölzernen Querschwellen, oben und von den Seiten wird sie gewöhnlich mit Brettern verkleidet.

Fig. 880.



Für öffentliche Badeanstalten werden die Wannen oft im Fussboden vertieft aus Backsteinen in Cementmörtel gemauert und mit weissen Emaille-Kacheln ausgelegt. In der Bade- und Heilanstalt des Herrn **Dr. Schlobig** in Zwickau*) hat sich die in Fig. 880 dargestellte Form gut bewährt, da dieselbe sich ohne besondere Formkacheln leicht und elegant ausführen lässt und bei grosser Bequemlichkeit wenig Wasser verbraucht.

§. 124. Brunnenanlagen und Pumpen.

Gewöhnliche Brunnen werden bis zum Niveau des Grundwassers entweder mit entsprechender Dossirung der Erdwände ausgegraben, oder der Boden wird so ausgehoben, dass die Baugrube senkrechte Wände erhält, in welchem Falle die Erdwände durch Bohlen und Streben gegen Einsturz gesichert werden müssen. Auf die Sohle der Baugrube wird nun der sog. Brunnenkranz gelegt und hierauf ein Cylinder von Ziegeln in Lehm aufgemauert. Der Brunnenkranz besteht für kleinere Brunnen meistens aus 2 Brettlagen von je 4 Centim. Stärke, die als Kreissegmente ausgeschnitten und mit abwechselnden Stössen übereinander genagelt werden. Das Einsenken des Brunnencylinders geschieht dann durch Aushebung des Erdbodens aus dem Innern des Cylinders mittelst eines Sackbohrers und durch Belastung des Cylinders. In dem Maasse wie der Erdboden aus dem Brunnencylinder entfernt wird, sinkt derselbe in Folge der aufgebrachten Belastung unter den Wasserspiegel bis zu der für genügend erachteten Tiefe hinab, wobei der Cylinder oben durch nach und nach erfolgende Aufmauerung verlängert wird.

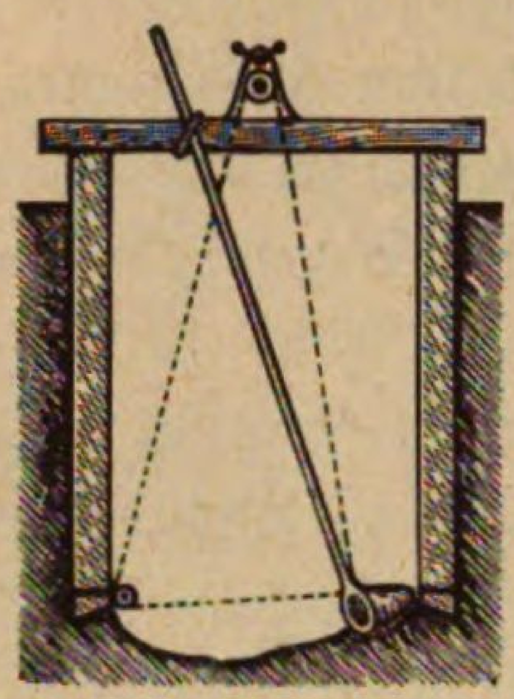
Das Ausheben des Bodens mittelst Sackbohrer ist nur für kleinere Brunnen zweckmässig, denn bei grösseren Brunnen würde die Arbeit mit denselben sehr zeitraubend werden. Der Sackbohrer besteht aus einer starken eisernen Stange mit einer unteren Spitze und einem seitlichen zugeschärften Bügel, woran ein Sack befestigt ist, der den vom Bügel bei Drehung des Bohrers losgeschnittenen Erdboden aufnimmt und etwa 0,1 Cubikmeter fasst. In der Hülse des Bohrers steckt eine etwa 12 bis 15 Centim. starke hölzerne Stange mit einer Querstange am obern Ende, wodurch die Drehung erfolgt. Ueber dem Brunnen wird ein Dreifuss aufgestellt, in dem eine Rolle hängt, worüber ein zum Aufziehen des Sackbohrers dienendes Seil läuft.

Mit besserem Erfolge wird beim Senken grösserer Brunnen der sog. Drehbagger angewendet; nach Fig. 881 besteht derselbe aus einer starken hölzernen Stange mit einem

*) Publicirt von dem Architekten **G. L. Möckel** in der Deutschen Bauzeitung 1874, S. 113.

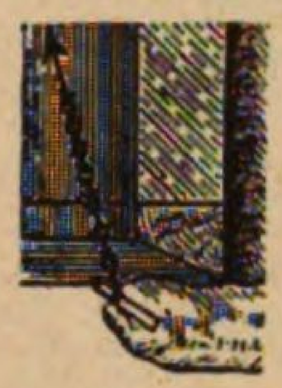
eisernen Bügel, woran sich ein Sack zur Aufnahme des Erdbodens befindet. Am Brunnenkranze ist eine Rolle befestigt und eine am Bügel des Drehbaggers angebrachte Kette über diese Rolle nach der oberen Winde geführt. Mittelst der Winde zieht man den Bagger quer durch den Brunnen, während die Stange oben durch ein Tau gegen das Hinaufdringen gesichert ist, der Bügel muss sich also in den Boden eingraben und den daran hängenden Sack füllen, der dann mittelst der Winde aufgezogen und entleert wird.

Fig. 881.



In steinreichem Boden ist das Senken der Brunnen oft sehr mühsam; z. B. waren beim Senken der 3 Meter weiten, 1 Stein stark in Cement gemauerten Brunnen des **Berliner Westend-Wasserwerkes***) bei Charlottenburg 20 Ctr. schwere Steine unter den Brunnenkränzen zu beseitigen; einer derselben, der nur wenig gegen den Kranz vortrat, musste von oben angebohrt werden, während ein Taucher den Bohrer führte. In das Bohrloch wurde ein sog. Wolf eingekeilt, so dass der Stein nach Fig. 882 mit Hülfe einer starken Winde heraufgezogen werden konnte.

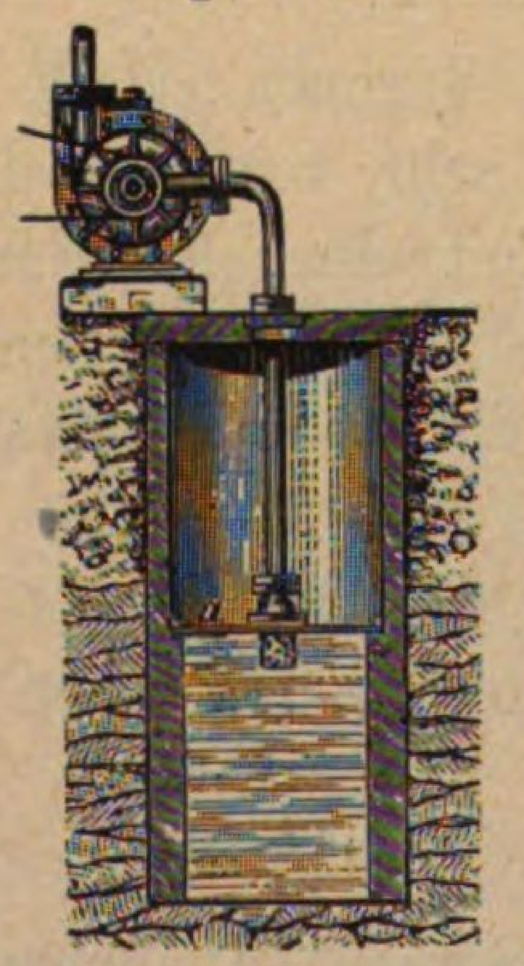
Fig. 882.



Sehr zweckmässig zum Senken grösserer Brunnen scheint der von **Milroy** erfundene »Excavator« (Gräber) zu sein; mit Hülfe dieses Bagger-Apparates**) wurden im Jahre 1867 bei der Gründung der Clyde-Brücke, gusseiserne Cylinder von 2,54 Meter Durchmesser 20 Meter tief unter das Flussbett versenkt und betrug die tägliche Senkung derselben durchschnittlich 4,8 Meter. Da die Construction und Handhabung des Excavators sehr einfach ist, so wird er bei gleichmässigem, nicht mit grossen Steinen untermischten Boden gute Dienste leisten. Beim Senken der Brunnen im Sandboden hat sich die Sandpumpe***) gut bewährt.

Ist ein Brunnencylinder aus Ziegeln in Lehm aufgemauert, so wird der letztere durch die Belastung des Cylinders beim Senken stark zusammengedrückt, in Folge dessen halten die Seitenwände des Cylinders ziemlich dicht und kann das Wasser nur durch den offenen Boden in den Brunnen eintreten, was in erhöhtem Maasse stattfindet, wenn der Brunnencylinder in Cement gemauert wurde. Denkt man einen Cylinder mit geschlossenem Boden theilweise mit Wasser gefüllt in eine Wassermasse so tief versenkt, dass der innere Wasserspiegel niedriger liegt als der äussere, so strömt das um den Cylinder befindliche Wasser, wenn plötzlich in dem Boden des Cylinders eine Oeffnung gemacht wird, mit einer Geschwindigkeit in den Cylinder ein, welche einer Fallhöhe gleich dem Abstande der beiden Wasserspiegel entspricht. Dies gilt natürlich auch für den Brunnencylinder, der anstatt in Wasser, in mit Wasser gesättigten Boden eingesenkt wird, nur ist hier die Eintrittsgeschwindigkeit des Wassers viel geringer, weil der grösste Theil der Druckhöhe zur Ueberwindung der Reibung des Wassers beim Durchströmen der Sandschichten erforderlich wird.

Fig. 883.



Die Druckhöhe, das ist die Differenz der Wasserspiegel beim Nichtgebrauche und bei der grössten Inanspruchnahme des Brunnens, kann man dadurch vergrössern, dass man die Zuflüsse von dem Gegendrucke der Atmosphäre befreit, wie dies zuerst der Ingen. **Mr. Alphonso Donnet** in Lyon gethan hat; derselbe hatte 1867 auf der Industrieausstellung zu Paris Zeichnungen von den nach seinem System ausgeführten Brunnen ausgestellt. Bei diesem System müssen die Seitenwände des Brunnencylinders luftdicht hergestellt werden, sie sind desshalb aus Beton oder aus Cementmauerwerk anzufertigen, und muss der Cylinder, wie bei *a* Fig. 883, mit einer gut eingefügten eisernen Platte geschlossen sein; das Saugrohr setzt Mr. Donnet gewöhnlich auf den luftdicht schliessenden Deckel. Beim Pumpen bildet sich nun unter dem Deckel ein luftleerer

*) Vergl. Deutsche Bauzeitung 1874. S. 241. **) Daselbst 1868. S. 470 dargestellt und beschrieben. ***) In derselben Zeitschr. 1871. S. 98 und 108 durch Zeichnung und Beschreibung erläutert vom Herrn Ing. **Henry Gill.**

Raum, der Luftdruck presst also das Wasser aus den wasserhaltenden Erdschichten von unten in den Brunnen; somit ist die Druckhöhe um den Druck der Atmosphäre vergrössert. Brunnen nach diesem System erfordern weniger Weite und geringere Tiefe als gewöhnliche Brunnen, sie sind daher bei derselben Leistungsfähigkeit weniger kostspielig.

Ist die Geschwindigkeit, mit welcher das Durchsickern des Wassers am Boden des Brunnens erfolgt, sehr bedeutend, so werden die Sandkörner durch den Stoss der Wasserfäden in Bewegung gebracht und nach oben geführt, beginnt dann die Geschwindigkeit der steigenden Wasserfäden abzunehmen, oder hört sie ganz auf, so fallen die emporgeschnellten Sandkörner nieder und lagern sich hügelförmig um die hervorquellenden Wasserfäden ab. Die Lücken, welche die ausgeworfenen Sandkörner zurücklassen, werden allmälig durch nach unten getriebene Sandkörner von ausserhalb des Brunnens ausgefüllt, die dann wieder von den aufsteigenden Wasserstrahlen empor geworfen werden, wodurch eine Erhöhung des Brunnenbodens nach und nach vor sich geht. Hierdurch entstehen ausserhalb des Brunnencylinders hohle Stellen, so dass der Brunnen sein Fundament theilweise verliert, einsinkt und in sich zusammenfällt.

Das Eintreiben des Sandes in den Brunnen lässt sich durch Einbringung eines Kiesfilters vermeiden; man bringt hierbei erst eine Lage feineren Sand auf den Boden des Brunnens, hierauf eine Kieslage und dann eine Lage von ganz grobem Kies, wobei die Körner jeder Lage durch Sieben so sortirt werden, dass die Körner der unteren Schicht nicht durch die Zwischenräume der darüber liegenden Schicht hindurchdringen können. Ein derartiges Kiesfilter erhält nicht nur den Brunnen in gutem Zustande, sondern man erreicht hierdurch noch den Vortheil, dass nur klares, von allem Schlamm befreites Wasser in den Brunnen eindringen kann. Bei Anwendung solcher Kiesfilter erscheint das in Fig. 883 dargestellte Brunnensystem von **Mr. Donnet** sehr vortheilhaft.

Ein anderes sehr rationelles Brunnensystem ist vom Herrn Ing. **Henry Gill**, Betriebsdirector der Berliner Wasserwerke, erfunden und von demselben mit gutem Erfolge ausgeführt*). Bei diesem Brunnen sickert das Wasser nicht allein durch den Boden, sondern auch durch die Seitenwände; es stehen nämlich 2 Cylinder concentrisch ineinander, wovon der innere Cylinder als eigentlicher Brunnen dient, während der Raum zwischen den beiden aus Hohlziegeln hergestellten Cylindern mit einem Kiesfilter ausgefüllt ist, wie es Fig. 884 zeigt, und sind die Sand- und Kiessorten in vertical stehenden concentrischen Schichten eingelagert.

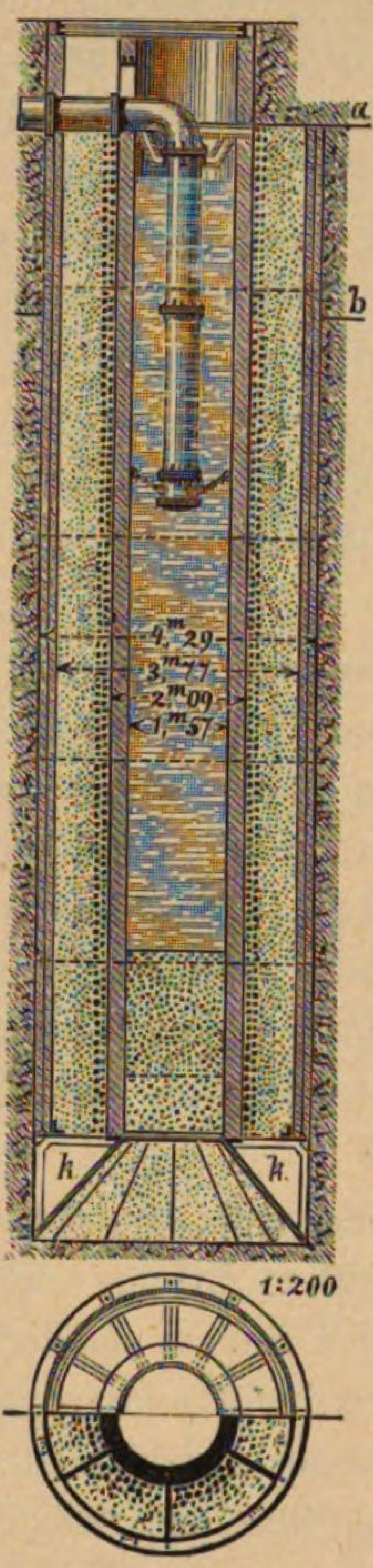
Der von Herrn **Gill** angelegte Versuchsbrunnen sollte pro Stunde 93 Kubikmeter Wasser dauernd hergeben. Zur Bestimmung der erforderlichen Sickerfläche sind zur Durchlassung von 1 Kubikmeter Wasser pro Stunde 1,6 □Meter Sickerfläche angenommen, wonach etwa 150 □Meter Sickerfläche erforderlich wurden. Der absolute Durchmesser des Brunnenbodens beträgt ca. 4,29 Meter, daher der Flächeninhalt desselben 14,4 □Meter, es waren also noch 150 — 14,4 = 135,6 □Meter Sickerfläche durch die Seitenwände des Brunnens zu beschaffen; da der Umfang des äussern Cylinders 13,47 Meter misst, so ergab sich die effective Tiefe des Brunnens zu 135,6/13,47 = ca. 10 Meter.

Die Brunnenwände sind 1 Stein stark aus Joachimsthaler 3-Lochsteinen ausschliesslich aus Streckern in Cementmörtel gemauert; der innere Brunnencylinder hat einen innern Durchmesser von 1,57 Meter. Den Brunnenkranz *k*, Fig. 884, bilden 12 Stück aus Winkeleisen und Blech construirte, 1,57 Meter hohe Consolen, welche 1,36 Meter ausladen und in gleichen Abständen im Innern eines ebenso hohen Blechcylinders angenietet sind; an diesen Consolen ist ein Blechmantel in Form eines umgekehrten Trichters ebenfalls mittelst Nietung befestigt. Die 12 Zwischenräume zwischen den Consolen wurden

*) Die Senkung dieses Versuchsbrunnens ist ausführlich beschrieben und durch Zeichnungen erläutert in der Deutschen Bauzeitung 1871. S. 108.

mit Cementbeton ausgefüllt. Als Basis für den Brunnenmantel dient je ein 31,4 Centim. breiter flachliegender Ring, dessen innere Kante durch ein Winkeleisen, welches die Verschiebung des Mantels verhindert, verstärkt wird. In 2,51, 5,65, 9,42 und 13,19 Meter Abstand von der Oberkante des Kranzes ist im Mauerwerke des äusseren Cylinders je ein flachliegender Ring aus 15,7 × 1 Centim. starkem Flacheisen angebracht und sind diese durch Bolzen aus Rundeisen und Muttern gegenseitig mit einander verankert.

Fig. 884.



Die Versenkung des Brunnens geschah in der Weise, dass man den Kranz neben der Brunnen-Baustelle fertig zusammensetzte, mit Beton füllte, ihn dann zunächst durch Ausgrabung im Innern ca. 30 Centim. tief in das Grundwasser einsenkte und seine Oberfläche in die Waage brachte. Hierauf wurde eine 4,7 Meter hohe Rüstung um den Brunnen aufgestellt, die unteren 2,51 Meter langen Bolzen aufgerichtet und der erste Flacheisenring angebracht, welcher durch 3 symmetrisch angeordnete Eisenbahnkuppelungen an die Rüstung angehängt und befestigt wurde.

Nun mauerte man die beiden Brunnenringe in Cementmörtel 4 Schichten hoch auf, wobei, wie in der unteren Hälfte des Grundrisses Fig. 884 angedeutet, die Ringe durch 6 auf die Consolen des Kranzes fundirte aus hochkantig gestellten Ziegeln gebildeten Scheidewände gegen einander abgesteift sind. Die 6 Zwischenräume von 84 Centim. Breite wurden durch 2 Bleche in 3 Theile getheilt und diese Abtheilungen mit den entsprechenden Sand- und Kiessorten ausgefüllt, worauf man die Blechscheidewände wieder herauszog. Der feine Kies ist in einer 31 Centim. starken Lage an den Brunnenmantel geschüttet, dann folgt in der Mitte eine ebenfalls 31 Centim. starke Lage gröberer Kiessorte und darauf an dem inneren Brunnenmantel ganz grober Kies in 22 Centim. starker Lage. Nachdem das Filter in der 4 Schicht hohen Aufmauerung ringsum eingebracht war, wurden weitere 4 Schichten aufgeführt, eine abermalige Kiesfüllung eingebracht und damit fortgefahren, bis der erste Flacheisenring erreicht war, der sodann fest auf das Mauerwerk geschraubt wurde.

Die weitere Senkung erfolgte mittelst Sackbohrer bis der Kranz etwa bis zum Nullpunkte des Pegels der Oberspree, bei *b* Fig. 884, eingedrungen war, wobei die Schrauben der Eisenbahnkuppelungen allmälig derartig gelöst wurden, dass der Brunnen genau lothrecht sinken musste. Erst nachdem derselbe etwa um das $1\frac{1}{2}$fache seines äusseren Durchmessers in die Erde eingedrungen war, beseitigte man die Kuppelungen ganz, hätte man den Brunnen bis zu ca. 17 Meter Wassertiefen mittelst Sackbohrer senken wollen, so würde die Arbeit sehr schwierig und zeitraubend geworden sein; man wendete daher die Sandpumpe an und versenkte den Brunnen mit Hülfe dieser Maschine in 37 Tagen, wovon 20 Tage für das Aufmauern der Brunnenwände und die Einschüttung des Filters und 17 Tage für die Versenkung erforderlich waren. Bei Beginn dieser Periode war die Schneide des Kranzes bereits 2,83 Meter unter dem Grundwasserstande *a* Fig 884, und 3,77 Meter unter Terrain angelangt. Im Ganzen waren 12 Mann bei der Arbeit thätig, hiervon 9 an der Sandpumpe, 2 auf der Rüstung und ein Maschinenwärter für die Dampfwinde.

Nachdem der Brunnen in Betrieb gesetzt war, wurden anfänglich ca. 93 Cubikmeter Wasser pro Stunde aus demselben entnommen, wobei die Senkung des Wasserspiegels ca. 84 Centim. betrug, später entnahm man das doppelte Quantum, wobei eine Senkung des Wasserspiegels von 1,65 Meter eintrat.

Bei dem Feldzuge in Abessinien verwendeten die Engländer eigenthümliche Brunnen, durch welche es möglich wurde in wenig Stunden ein entsprechendes Wasserquantum aus den wasserhaltigen Schichten des Bodens zu entnehmen; diese heissen seitdem **Abessinier-**

Brunnen. Ein solcher ist in Fig. 7 **Blatt 17** dargestellt. Man schraubt mit Hülfe der in Fig. 7 bei *B* im Grundrisse dargestellten Kluppe ein ca. 5 Centim. weites gezogenes eisernes Gasrohr in den Erdboden, was in einer halben Stunde bei günstigem Boden zu bewerkstelligen ist. Dieses Rohr hat unten feine Löcher, durch welche das Wasser eindringt, oberhalb des Erdbodens ist das Rohr mit einer Pumpe verbunden, durch welche Wasser angesaugt wird. Beim Beginn des Pumpens wird Sand und Schlamm mit ausgeworfen, nach kurzer Zeit hat sich aber ein kleines Bassin um den Saugekorb gebildet, so dass dann, bei günstigem Boden, klares Wasser von der Pumpe geliefert wird. Von A. L. G. Dehne in Halle a/S. können solche Pumpen mit 4 Meter langem Saugerohr und Erdschraube, etwa 100 Liter Wasser pro Stunde hebend, zu 54 Mark bezogen werden, die Einschraubkluppe kostet daselbst 18 Mark.

Sollen die Abessinierbrunnen klares und reichliches Wasser geben, so darf das eigentliche Brunnenrohr nicht **direct** eingeschraubt oder eingerammt werden, sondern man muss zuerst ein weites schmiedeeisernes Rohr bis in die gröberen Sandschichten einrammen oder einschrauben; in dieses Schutzrohr setzt man das unten mit einem feinen Siebe versehene Brunnenrohr vorsichtig ein und füllt den Zwischenraum zwischen beiden Röhren mit reinem Kies aus, worauf das Schutzrohr wieder aus dem Boden herausgezogen werden kann. Die das Brunnenrohr umgebende Kiesschicht ist dann ein Filter für das aus den höheren Erdschichten nach dem Saugkorbe strömende Wasser. Die Maschen des Siebes am Saugkorbe dürfen nicht zu weit sein, damit kein Sand hineindringen kann.

Für Landwirthe, Gärtner, Bauleute, namentlich aber für Militairverwaltungen sind diese Brunnen sehr zweckmässig.

Artesische Brunnen haben ihren Namen von der Grafschaft Artois in Frankreich, wo sie besonders in der Mitte des 18. Jahrhunderts häufig gebohrt wurden. Sie werden da angelegt, wo man nur in grosser Tiefe Wasser findet; hierbei wird mit einem besonderen Bohrer ein Loch in die Erde gebohrt und in dasselbe eine eiserne Röhre eingetrieben. Der berühmte artesische Brunnen der Irrenanstalt zu **St. Louis** in Amerika ist bis zu einer Tiefe von 1171,3 Meter geführt, er lieferte jedoch in den tiefern Schichten fortdauernd nur salziges Wasser, wesshalb man das Bohrloch bis zu einer Tiefe von 368 Meter, wo süsses Wasser angetroffen wurde, verstopfte. Solche Brunnen werden bei grosser Tiefe sehr theuer, da die Bohrarbeit mit zunehmender Tiefe immer schwieriger wird.

Die zum Heben des Wassers aus dem Brunnen dienenden Apparate sind verschiedenartig construirt, von diesen haben sich jene am besten bewährt, welche man **Pumpen** nennt und die im Prinzipe darauf beruhen, dass in der Steigeröhre des Wassers ein luftleerer Raum hergestellt wird, so dass die atmosphärische Luft das Wasser in derselben empor treibt.

Taucht man eine **luftleere** Röhre von entsprechender Länge in Wasser ein, so treibt der Druck der atmosphärischen Luft das Wasser 10,33 Meter hoch in die leere Röhre, der mittlere Luftdruck hält also einer Wassersäule von 10,33 Meter Höhe das Gleichgewicht. Diesen mittleren Luftdruck pflegt man in der Mechanik als Einheit anzunehmen und andere Expansivkräfte auf diese Druckeinheit, »Atmosphäre« genannt, zu beziehen; der Druck von n Atmosphären hält also einer Wassersäule von n 10,33 Meter Höhe das Gleichgewicht. Hätte die Wassersäule von 10,33 Meter Höhe 1 □Meter Grundfläche, so würde ihr Gewicht, da 1 Kubikmeter Wasser 1000 Kilogr. wiegt, $1000 \times 10{,}33 = 10330$ Kilogr. betragen, dieser Druck pro □Meter beträgt pro □Centim. 1,033 Kilogr., wonach die Spannung von n Atmosphären mit n . 1,033 Kilogr. auf jeden □Centim. Fläche drückt.

Von den Pumpen unterscheidet man **Kolbenpumpen** mit hin- und her- oder auf- und niedergehender Bewegung und **rotirende** Pumpen. Eine Kolbenpumpe ist im Prinzip in Fig. 885 dargestellt; *a* ist der **Kolben**, *b* das **Saugventil** und *c* das **Druckventil**. Wird der Kolben *a* nach oben gezogen, so entsteht unter dem Kolben ein luftleerer Raum; da nun der Druck der atmosphärischen Luft auf dem Wasserspiegel *e* lastet, so wird das Wasser durch das Saugerohr *d* und durch das Saugventil *b* bis unter den Kolben gedrückt. Hat

der Kolben seinen höchsten Stand erreicht und wird derselbe dann nach unten bewegt, so fällt das Saugventil b zu und das im Pumpencylinder (Pumpenstiefel) befindliche Wasser wird durch das Druckventil c in dem Druckrohre empor gedrückt. Sobald der Kolben wieder gehoben wird, schliesst sich das Druckventil c, während sich das Saugventil b öffnet, das Spiel der Pumpen beginnt also von Neuem; derartig eingerichtete Pumpen nennt man **Saug- und Druckpumpen**. Wäre das Druckrohr nicht vorhanden, sondern wäre der Kolben a **durchbrochen** und mit einem Ventil versehen, so dass beim Niedergange des Kolbens das Wasser durch denselben hindurchströmen könnte, so würde das Wasser beim Aufgange des Kolbens unterhalb desselben angesaugt, oberhalb desselben aber gehoben werden; es würde daher eine **Saug- und Hebepumpe** entstehen. Beide Systeme lassen sich durch geeignete Röhrenverbindung doppeltwirkend einrichten, auch kann der Pumpencylinder anstatt vertical gestellt horizontal gelegt werden.

Fig. 885.



Könnte man beim Pumpen unter dem Kolben **vollständige** Luftleere herstellen, so würde die untere Kante des Kolbens a, Fig. 885, von dem Wasserspiegel e einen Abstand von 10,33 Meter beim mittleren Drucke der Luft haben dürfen. Diese theoretische Saughöhe kann praktisch nicht erreicht werden, weil ein vollkommen dichter Kolben- und Ventilschluss mit gewöhnlichen Mitteln nicht zu erzielen ist, und weil zwischen dem tiefsten Stande des Kolbens und dem Saugventil b noch ein kleiner Spielraum bleiben muss, in diesem sog. **schädlichen Raume** kann sich Luft ansammeln, deren Expansivkraft das Nachströmen des Wassers aus dem Saugrohr verhindert. Aus diesen Gründen darf man die Saughöhe einer Pumpe gewöhnlich nicht über 8 Meter und bei sehr vollkommener Ausführung der Pumpe nicht über 9 Meter annehmen.

Pumpen zum Heben des Wassers für häusliche Zwecke erhalten einen Kolbendurchmesser $D = 50$ bis 110 Millim., und eine Hubhöhe von $1\frac{1}{2}$ bis $2\,D$. Die lichte Weite d der Saug- und Druckröhren pflegt man, wenn der Hub nicht mehr als das $1\frac{1}{2}$fache des Kolbendurchmessers beträgt, $d = \frac{1}{2}\,D$ zu nehmen; im Allgemeinen soll der Querschnitt der Sauge- und Steigerohre bei kurzen Leitungen $\frac{1}{4}$, bei langen Leitungen $\frac{1}{2}$ des Kolbenquerschnittes und die Geschwindigkeit des Wassers in den Röhren 1 bis 1,8 Meter pro Secunde betragen. Die folgende Tabelle giebt zweckmässige Verhältnisse zwischen der Weite des Pumpenstiefels und der Röhrenweite:

Kolbendurchmesser	$D = 50,$	60,	70,	80,	90,	100,	110	Millim.	
Saughöhe unter 6 Meter	$d = 20$	25	30	40	45	50	55	»	
» über » »	$d = 25$	30	35	45	50	55	60	»	

Die Pumpenstiefel werden gewöhnlich aus Gusseisen hergestellt; aus diesem Material können auch die Saug- und Druckröhren bestehen, beide Theile werden dann durch Flantschen miteinander verbunden, deren Abmessungen nach §. 51 bestimmt werden können, während die Wandstärke nach Formel (104) oder (114) zu nehmen ist. Da aber gusseiserne Röhren bei langen Strängen ein grosses Gewicht erhalten, so wird man meistens gewöhnliche schmiedeeiserne Gasröhren für verticale Pumpenleitungen vorziehen, indem diese ein geringes Gewicht haben und sich nach §. 52 sehr leicht mit einander verbinden lassen; solche Röhren liefern **Joh. Haag** in Augsburg, **Ahl und Pönsgen** in Düsseldorf etc. Bleiröhren und Zinn-Bleiröhren sind für Pumpenleitungen namentlich des hohen Preises wegen nicht zu empfehlen, auch sind Bleiröhren für die Gesundheit schädlich.

In Fig. 8 **Blatt 17** ist der Längenschnitt einer Pumpe dargestellt; der Saugkorb a mit dem Saugventil, welches zweckmässig möglichst tief angebracht wird, damit die darauf lastende Wassersäule dasselbe dicht geschlossen hält, wenn die Pumpe nicht arbeitet, taucht bis zu einer solchen Tiefe in das Brunnenwasser, dass der Wasserspiegel beträchtlich sinken kann, bevor der Saugkorb aus dem Wasser tritt, doch darf derselbe nicht so tief stehen, dass etwaige Ablagerungen vom Brunnenboden aufgesaugt werden könnten, er muss daher mindestens 0,7 Meter vom Brunnenboden abstehen. Der Pumpenstiefel oder

Cylinder *b* lässt sich durch Holzunterlagen etc. an dem Brunnenmauerwerke befestigen, indem die Pumpe nicht in der Mitte des Brunnens, sondern seitlich an dem Mauerwerke aufgestellt wird; man bringt den Cylinder *b* vortheilhaft nicht über 6 Meter hoch vom Wasserspiegel an.

Die aus 12 Millim. starkem Rundeisen oder aus 10 Millim. weitem schmiedeeisernen Gasrohr bestehende Kolbenstange ist durch das Steigerohr hindurch geführt, dieses muss daher einen so viel grösseren Querschnitt erhalten, wie der Querschnitt der Kolbenstange das Rohr verengt. Oberhalb des Erdbodens dient der gusseiserne Pumpenständer als Leitungsrohr, der bei *d* den Ausfluss hat; würde man im Winter das Wasser beim Nichtgebrauche der Pumpe oberhalb des Erdbodens im Rohre stehen lassen, so würde dasselbe einfrieren; um dies zu verhüten ist im Brunnen bei *c* ein kleiner Hahn angebracht, der im Winter geöffnet wird und durch den die über ihm stehende Wassersäule in den Brunnen zurückfliesst. Mit dem gusseisernen Pumpenständer ist das schmiedeeiserne Steigerohr durch einen Flantsch, in der in Fig. 130 (S. 75) dargestellten Weise, verbunden und durch einen zwischengelegten Gummiring dichtgeschraubt. Auf den 20 bis 25 Centim. dicken Unterlagstein wird der Ständer mit 4 Stück 2 Centim. starken Steindollen befestigt; die Oeffnung in dem Stein wird ca. 15 Centim. weit gemacht.

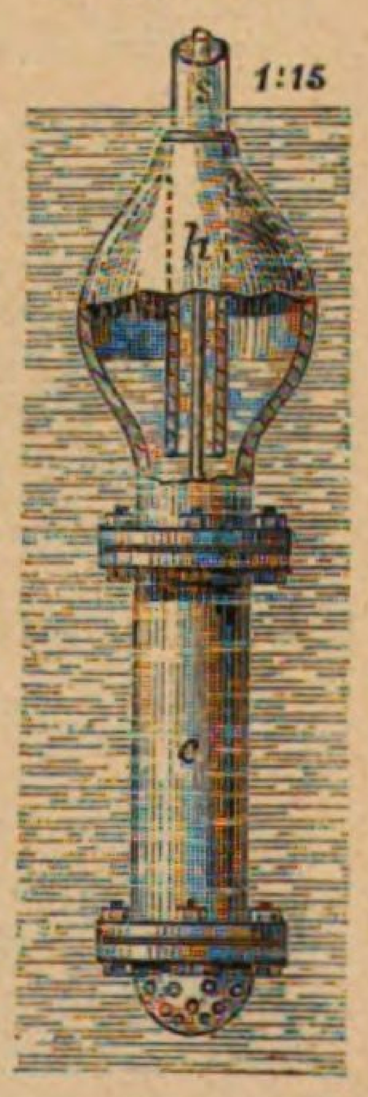
Das Hebelverhältniss des Pumpenschwengels muss von dem Querschnitte des Pumpenkolbens und von der Tiefe des Brunnens abhängen; der kurze Arm des Schwengels erhält 12 bis 24 Centim. Länge und der lange Arm die 6- bis 10fache Länge des kurzen Armes. Ein Mann kann an dem Schwengel eine Kraft $K = 20$ Kilogr. bei kurzer Arbeitsdauer oder $K = 8$ bis 10 Kilogr. bei anhaltender Arbeit ausüben. Die untere Kante des Schwengels muss etwa 60 bis 75 Centim. vom Boden abstehen, wonach sich dann die Höhe des Pumpenständers bestimmt; die Wandstärke des letzteren beträgt 10 bis 15 Millim. Fig. 9 **Blatt 17** zeigt einen elegant geformten Pumpenständer, der für das Stationsgebäude des Bahnhofes zu **Höxter** (Westfalen) ausgeführt ist; einen sehr eleganten Ständer einer doppelt wirkenden Pumpe für die Stadt Cöln hat der bekannte Architekt Herr **J. Raschdorf** *) entworfen.

Für sehr tiefe Brunnen empfehlen sich Hebepumpen ohne Saugrohr, wobei der Cylinder sich nahe an der Sohle des Brunnens befindet, das ganze Steigerohr lässt sich dann von oben in den Brunnen einsenken und hierauf mit dem Ständer verbinden. Fig. 886 giebt eine solche Cylinderanordnung für **artesische** Brunnen; der gusseiserne Cylinder ist als Röhre oben und unten offen ausgeführt, unten durch eine Messingverschraubung, worin der Saugkorb eingeschraubt und woran die Ventilklappe befestigt ist, geschlossen. In der oberen Messingverschraubung ist das Steigerohr eingeschraubt, welches mittelst Flantsch unter dem Pumpenständer befestigt wird. Die Kolbenstange besteht bei grossen Längen am besten aus Gasrohr von 10 Millim. lichter Weite und wird durch Muffenverschraubung mit einander verbunden; sie darf natürlich nur auf Zug beansprucht werden.

Fig. 886.



Fig. 887.



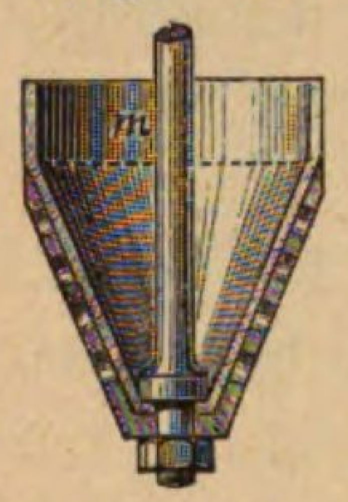
Sehr empfehlenswerth ist die Anbringung eines Windkessels für tiefe Brunnen; Fig. 887 zeigt die Anordnung eines solchen oberhalb des Cylinders, *c* ist der mit einem Saugkorb versehene Cylinder, *h* der Windkessel und *s* das schmiedeeiserne Steigerohr, welches in den Windkessel eingeschraubt ist. Der letztere hat den Zweck Rückschläge der Wassersäule in dem Steigerohr zu verhindern und einen gleichmässigen Wasserausfluss aus der Pumpe zu befördern. Wie der im Durchschnitt gezeichnete Theil des Windkessels zeigt, ist innerhalb desselben das Steigerohr angegossen, so dass das Wasser sowohl in die Steigeröhre, wie auch in

*) Publicirt im Architektonischen Skizzenbuch 1867. Heft 83. Blatt 6.

die Höhlung des Windkessels gelangen kann; in dieser befindet sich die Luft, die beim Heben des Kolbens zusammengepresst wird. Beim Niedergange des Kolbens dehnt sich die im Windkessel eingeschlossene Luft aus und drückt das Wasser in die Steigeröhre, wodurch die Wassersäule nicht bei jedem Niedergange des Kolbens ins Stillstehen geräth, sondern beständig aus der Pumpe ausströmt. Die Anwendung der Windkessel schadet in keinem Falle, ihr Inhalt ist immer genügend, wenn er doppelt so gross ist als der des Cylinders. Das von einer Pumpe geförderte **effective** Wasserquantum beträgt bei guten Pumpen 90 bis 95%, bei gewöhnlichen 80 bis 85% des **theoretischen** Wasserquantums.

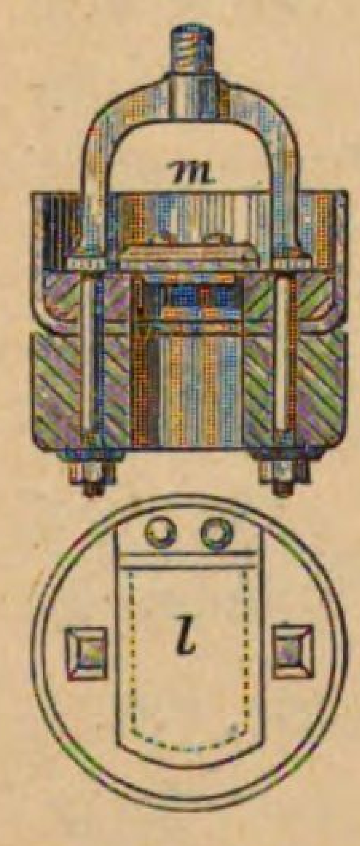
Den Kolben für Saug- und Hebepumpen giebt man am besten durch Ledermanschetten einen dichten Schluss. Fig. 888 zeigt einen einfachen Kolben, der aus Messing gegossen und ausgedreht wird. Die innere Lederdichtung *m* ist durch die Kolbenstange in dem durchlöcherten Kolbenkörper befestigt und wird diese Lederdichtung nicht besonders gepresst, sondern in Form eines abgewickelten Kegelmantels ausgeschnitten, am Stoss legt man die zugeschärften Kanten der Lederdichtung übereinander und befestigt das Leder erst dann in dem Kolben, wenn es im Wasser erweicht und mit Talg gehörig eingefettet ist. Geht der Kolben beim Pumpen in den Cylinder nieder, so tritt das Wasser durch die etwa 12 Millim. weiten Löcher und drückt den Lederkegel *m* zusammen, wird der Kolben aber in die Höhe gezogen, so legt sich die Lederdichtung *m* fest an die Wandung des Kolbens und des Cylinders, einen dichten Schluss bildend. Der schädliche Raum ist bei diesen Kolben ziemlich gross, daher ist er für grosse Saughöhen nicht zweckmässig.

Fig. 888.



Der in Fig. 889 dargestellte Kolben ist ebenfalls leicht herzustellen und für Saug- und Hebepumpen gut geeignet. Die Ledermanschette *m* wird im nassen Zustande aus einer Scheibe in Holzformen gepresst und in der Form getrocknet; nachdem sie beschnitten ist, wird sie durch eine Gabel zwischen den beiden Gusstheilen des Kolbens eingeklemmt. Auf dem oberen Gusstheil ist die Ventilklappe *l* aufgenietet, diese besteht aus starkem Rindleder, welches durch auf und unter genietete Bleche verstärkt ist, mit Ausnahme der Stelle, wo die Drehung der Klappe stattfindet, die Durchgangsöffnung des Ventils muss wenigstens einen Querschnitt $= \frac{1}{4}$ des Kolbenquerschnittes haben und der Ausschlag des Klappenventils muss mindestens 30° betragen. Wird der Kolben nach oben gezogen, so drückt die darauf lastende Wassersäule die Manschette *m* dichtschliessend an die Cylinderwandung, während das Ventil *l* geschlossen gehalten wird; beim Niedersinken des Kolbens, öffnet das unter dem Kolben eingeschlossene Wasser die Ventilklappe *l* und strömt nach oben, um beim nächsten Hube vom Kolben gehoben zu werden. Die Gabel kann einen Zapfen mit Gewinde erhalten, wenn die Kolbenstange aus Gasröhren besteht; ist sie aus Rundeisen gefertigt, so erhält die Gabel besser eine Oeffnung, wo die Kolbenstange eingreift.

Fig. 889.



Ausser dem Klappenventil des Kolbens Fig. 889 hat man noch andere verschiedenartig eingerichtete Klappenventile. Fig. 890 zeigt ein Ventil mit einer runden Kautschukklappe *k*, die sich beim Oeffnen nach oben biegt und gegen den Fangtrichter *f* legt; da diese Klappe nicht durch aufgenietete Bleche versteift sein darf, so muss sie nach unten durch eine gitterartig durchbrochene Platte gegen Einbiegung geschützt werden. Ein Klappenventil von **Field** giebt Fig. 891; dies besteht aus dem Metallgehäuse *g* und aus den beiden Kautschukringen *r*, welche in entsprechende Nuten von *g*, schräg gegen einander gerichtet, eingeklemmt sind. Der eine Ring *r* biegt sich beim Oeffnen des Ventils nach unten, der andere nach oben, um die Flüssigkeit durchzulassen. Das Ventil ist leicht herzustellen und in der Wirkung zuverlässig, erfordert aber einen grossen Durchmesser und daher eine entsprechende Erweiterung

Fig. 890.

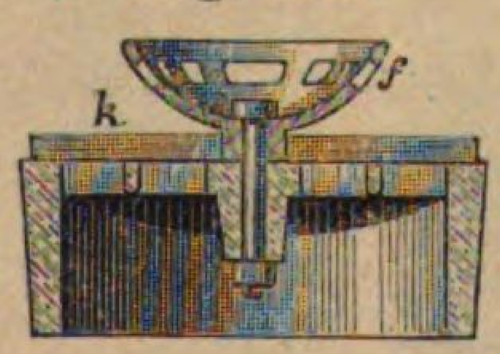


Fig. 891.



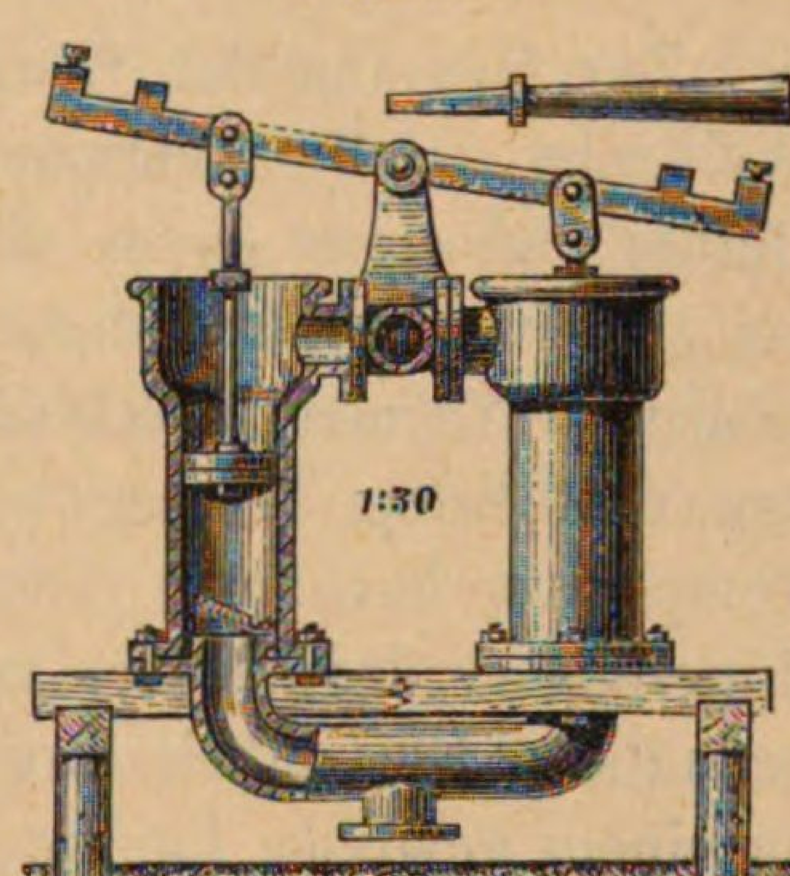
des Gehäuses worin es befestigt ist. Für Pumpen werden die in Fig. 892 dargestellten Kegelventile am meisten angewendet, das Material, woraus diese Ventile hergestellt werden, ist in der Regel Messing oder Bronze. Der Kegel wird durch einen Stift vertical geführt und muss der Kegel sich mindestens um $^1/_4$ des lichten Ventildurchmessers heben lassen. Zur Begrenzung des Kegelhubes wird unten auf dem Führungsstift ein kleiner Bundring aufgesetzt und mit Zinn verlöthet. Empfehlenswerth ist es, dem Kegel und dem Ventilsitz keine geraden Spiegel zu geben, sondern beide Theile an der Berührungsstelle abzurunden, damit die Berührungsfläche von beiden Theilen sehr schmal wird, dann ist ein Undichtwerden des Ventils durch Ablagerungen von Schlamm zwischen den Berührungsflächen nicht leicht möglich. Die Kegelventile sind namentlich noch aus dem Grunde für Saugepumpen sehr zweckmässig, weil sich der schädliche Raum zwischen Ventil und Kolben sehr klein halten lässt.

Fig. 892.



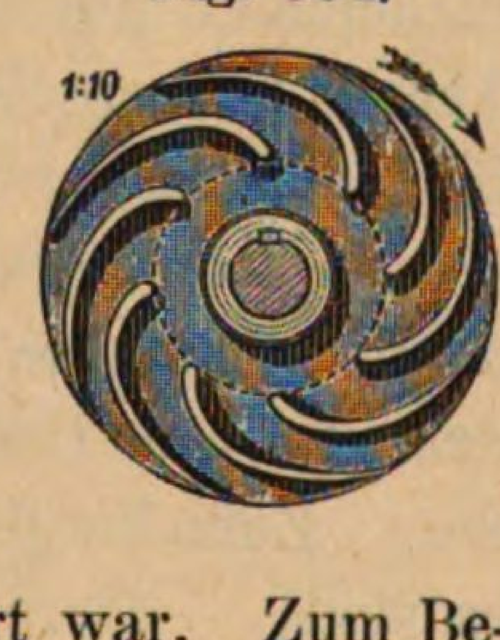
Zur Ausschöpfung des Wassers aus Baugruben bedient man sich der Pumpen mit 2 Cylindern, wie eine solche in Fig. 893 im Querschnitte und in der Ansicht dargestellt ist; sie haben Aehnlichkeit mit den Feuerspritzen, erhalten 12 bis 20 Centim. Cylinderweite und werden von 4 bis 6 Mann in Bewegung gesetzt. Das Saugerohr ist für beide Cylinder gemeinschaftlich und kann entweder direct nach unten geführt werden oder seitlich abzweigen, am äussersten Ende desselben ist ein Saugekorb aus Drahtgeflecht anzubringen, damit gröbere Unreinigkeiten die Rohrleitung nicht verstopfen können; meistens wird als Saugeleitung ein entsprechend langer Gummischlauch angewendet.

Fig. 893.



Von den **rotirenden** Pumpen findet namentlich die **Centrifugal**pumpe im Baufache ausgedehnte Anwendung, während andere rotirende Pumpen selten benutzt werden. In Fig. 883 ist eine Centrifugalpumpe in der Seitenansicht dargestellt, sie wird mittelst Riemen durch eine Dampfmaschine oder durch Pferdegöpel betrieben. Das Schaufelrad der Pumpe hat 6 bis 10 Stück nach bestimmten Gesetzen gekrümmte Schaufeln und macht 500 bis 800 Umdrehungen pro Minute. Für grosse Druckhöhen werden mehrere Schaufelräder auf einer gemeinschaftlichen Welle sitzend angewendet, wobei das eine Schaufelrad dem andern das Wasser zuführt. Eine gut wirkende Centrifugalpumpe von **M. Webers** in Berlin hatte 4 Schaufelräder von 24 Centim. Durchmesser, die auf einer 42 Millim. starken gemeinschaftlichen Welle sassen, von einer 16 Centim. breiten Riemenscheibe von 21 Centim. Durchmesser betrieben wurden und pro Min. ca. 600 Touren machten. Die Räder, deren Ansicht Fig. 894 giebt, hatten 22 Millim. hohe Schaufeln, die an einer 13 Millim. dicken Scheibe einseitig angegossen waren, sie wurden von einem gemeinschaftlichen zweitheiligen Gehäuse mit 4 abgetheilten, durch Kanäle verbundenen Kammern eingeschlossen, durch welche die Welle mittelst Stopfbüchsen hindurch geführt war. Zum Betriebe diente eine Dampfmaschine von 6 Pferdekräften und hatte die Rohrleitung 8 Centim. lichte Weite.

Fig. 894.



Die ganze Förderhöhe der Centrifugalpumpen ist unbegränzt, dagegen ist eine geringe Saughöhe empfehlenswerth, dieselbe betrage nicht über 4 Meter. Den besten Nutzeffect liefert diese Pumpe wenn die ganze Förderhöhe 8 Meter nicht übersteigt, er beträgt dann 60 bis 70% der Betriebskraft.

Zwölfter Abschnitt.

Heizung und Ventilation.

I. Heizung.

§. 125. Allgemeines aus der Wärmelehre, Roste und Schornsteine.

Zur Messung der Wärme dient bekanntlich das mit Quecksilber oder mit gefärbtem Weingeist gefüllte **Thermometer**, welches aus einer hohlen Kugel oder einem cylindrischen Gefäss und einer feinen Glasröhre besteht. Durch die Ausdehnung dieser Flüssigkeiten bei zunehmender und durch ihre Zusammenziehung bei abnehmender Wärme werden die relativen Wärmeunterschiede angegeben. Taucht man das Thermometer in eine Mischung aus destillirtem Wasser und reinem Eis, welches Gemenge bald eine unveränderliche Temperatur annehmen muss, weil eine höhere Wärme das Eis zum Schmelzen, eine niedrigere aber das Wasser zum Gefrieren bringen würde, so zeigt die in dem Thermometer befindliche Flüssigkeit immer dasselbe Ausdehnungsbestreben und füllt die Röhre nur bis zu einem gewissen Punkte, dem **Gefrierpunkte**. Wird dann das Thermometer in ein eisernes Gefäss getaucht in dem destillirtes Wasser unter dem mittleren Drucke der Luft siedet, welches ebenfalls eine unveränderliche Temperatur haben muss, indem alle neu hinzukommende Wärme die Bildung von Wasserdämpfen bewirkt und mit diesen entweicht, so ist an dem Thermometerrohre ein zweiter Punkt gegeben, bis zu dem sich die Flüssigkeit jedesmal im siedenden Wasser ausdehnt; dieser Punkt heisst der **Siedepunkt**. Die Länge der Röhre zwischen dem Gefrier- und Siedepunkte wird in eine gewisse Anzahl gleichgrosser Grade ^{0} eingetheilt; nach **Réaumur** erhält der Gefrierpunkt die Zahl 0, der Siedepunkt die Zahl 80 und die zwischen beiden Punkten liegenden 80 gleich grossen Theile heissen Wärmegrade. **Celsius** bezeichnet den Gefrierpunkt ebenfalls mit 0, den Siedepunkt aber mit 100, indem er die Strecke zwischen beiden Punkten in 100 gleichgrosse Wärmegrade theilte. **Fahrenheit** setzte an dem Gefrierpunkte die Zahl 32 und an dem Siedepunkte 212, so dass 180 Theile zwischen beiden liegen; 32 solcher Theile werden von dem Gefrierpunkte abwärts getragen und der unterste Punkt wird mit 0 bezeichnet. Zur Vergleichung dieser 3 Thermometereintheilungen dienen folgende Formeln; es sind:

n Grad Celsius $= 32 + {}^9/_5\, n$ Grad Fahrenheit $= {}^4/_5\, n$ Grad Réaumur.

n Grad Réaumur $= 32 + {}^9/_4\, n$ Grad Fahrenheit $= {}^5/_4\, n$ Grad Celsius.

n Grad Fahrenheit $= {}^5/_9\, (n - 32)$ Grad Celsius $= {}^4/_9\, (n - 32)$ Grad Réaumur.

Für technische Zwecke wird in der Regel die Thermometereintheilung nach **Celsius** angewendet. Von 0 an trägt man noch eine Anzahl gleichgrosser Grade abwärts, die man Kältegrade nennt, wobei jedoch nicht der Irrthum entstehen darf, dass ein unter 0^0 erkalteter Körper keine Wärme mehr enthalte. Mit + bezeichnet man die Grade **über** 0 und mit — die Grade **unter** 0. Zur Messung höherer Wärmegrade benutzt man verschiedenartig construirte **Pyrometer**.

Als **Einheit** für die Wärmemenge oder als **Wärmeeinheit** (Calorie) wird das Wärme-

quantum angenommen, welches erforderlich ist, die Temperatur von 1 Kilogr. Wasser um 1^0 Celsius zu erhöhen. Die **Heizkraft** der Brennstoffe ist diejenige Wärmemenge, welche 1 Kilogr. des Stoffes bei vollkommener Verbrennung in atmosphärischer Luft entwickeln kann. An Heizkraft kann abgeben:

1	Kilogr.	vollkommen trocknes Holz (= 0,0009 Kubikmeter)	3600	Wärmeeinheiten
1	»	lufttrocknes Holz	2900	»
1	»	trockne Holzkohle	7200	»
1	»	gewöhnlich im Verkauf vorkommende Holzkohle	6800	»
1	»	Steinkohle, Backkohle und Sandkohle	7000	»
1	»	Steinkohle, mittlere Backkohle	6400	»
1	»	Sinterkohle	5000	»
1	»	Braunkohle, bester Qualität	5300	»
1	»	Braunkohle, geringster Qualität	4300	»
1	»	Coaks mit 15 % Asche	6000	»
1	»	Coaks, reine	7000	»
1	»	Torf, bester	3000	»
1	»	Torf, gewöhnlicher	1500	»
1	»	Wasserstoffgas	34500	»

Die besten Feuerheerde machen in der Wirklichkeit nur $^2/_3$, die guten $^1/_2$ und die gewöhnlichen nur $^1/_3$ der vorstehenden Heizkraft des Brennmaterials nutzbar.

Specifische Wärme einer Substanz nennt man die Wärmemenge (Anzahl der Wärmeeinheiten), welche erforderlich ist, um die Temperatur von 1 Kilogr. der Substanz um 1 Grad C. zu erhöhen. Die specifische Wärme ist für:

Wasser	= 1,000	Zink	= 0,095
Holz	= 0,500 bis 0,650	Messing	= 0,094
Ziegelsteine	= 0,189 » 0,241	Glas	= 0,178
Eisen	= 0,114 » 0,130	Atmosph. Luft bei constant. Druck	= 0,237
Kupfer	= 0,095	Wasserdampf bei constant. Druck	= 0,475

Um P Kilogr. einer Substanz von der specifischen Wärme c in der Temperatur um t Grad C. zu erhöhen, sind $c \cdot P \cdot t$ Wärmeeinheiten erforderlich. Demnach erfordert die Verwandlung von P Kilogr. Wasser von t Grad, in Wasser von T Grad, $P(T-t)$ Wärmeeinheiten. Zur Verwandlung von L Kilogr. Luft von t Grad in Luft von T Grad werden $0{,}237\ L\,(T-t)$ Wärmeeinheiten nöthig. Zur Bildung von 1 Kilogr. Dampf von irgend einer Temperatur aus Wasser von T Grad sind $640 - T$ Wärmeeinheiten nothwendig. Hiernach lässt sich die Brennmaterialmenge, welche zu bestimmten Leistungen aufgewendet werden muss, leicht berechnen, wenn man die nutzbar gemachte Wärmemenge = $^1/_2$ bis $^2/_3$ der oben angegebenen Heizkraft der verschiedenen Brennstoffe annimmt.

Bei gewöhnlichen Feuerungen ist erfahrungsgemäss die Luftmenge, welche die Verbrennung unterhält, doppelt so gross, als die kleinste Quantität, die nach der Theorie das vollkommene Verbrennen des Brennstoffes zu bewirken vermag, und man rechnet:

Für	1	Kilogr.	vollkommen trocknes Holz	13	Kilogr. Luft
»	1	»	lufttrocknes Holz	11	» »
»	1	»	Coaks oder Holzkohlen	25	» »
»	1	»	Steinkohlen	22	» »

Ein Kubikmeter atmosphärische Luft wiegt bei 0^0 Wärme und 76 Centim. Barometerstand 1,293 Kilogramm.

Der **Rost**, worauf das Brennmaterial verbrennt, muss so grosse Spalten haben, dass die zum Verbrennen einer bestimmten Materialmenge erforderliche Luftmenge hindurchströmen kann. Bezeichnet:

F die freie Oeffnung der Rostfläche pro x Kilogr. Brennmaterial, die stündlich verbrannt werden sollen, in □ Meter,

Q die Luftmenge welche x Kilogr. Brennmaterial erfordern,

v die Geschwindigkeit der in den Rost einströmenden Luft pro Secunde in Meter, so hat man als Bestimmungsgleichung der **freien** Rostfläche:

$$F = \frac{Q}{v \cdot 60 \cdot 60} \qquad (301)$$

Beispiel. *Sollen auf einem Roste pro Stunde* 10 *Kilogr. Steinkohlen verbrennen, so werden nach dem Vorstehenden* 10 · 22 = 220 *Kilogr. atmosph. Luft pro Stunde erforderlich. Bei* 0° *Temperatur der Luft würden* 220 *Kilogr.* $\frac{220}{1,293} = 170$ *Kubikmeter betragen; bei* 20° *Temperatur aber nach dem* **Gay-Lussac**'*schen Gesetze*) ca.* 182 *Kubikmeter. Stellt man die letzteren in Rechnung und nimmt die Geschwindigkeit* $v = 1$ *Meter (gewöhnlich* 0,8 *bis* 1,4 *Meter), so erhält man für die freie Rostfläche nach Formel* (301):

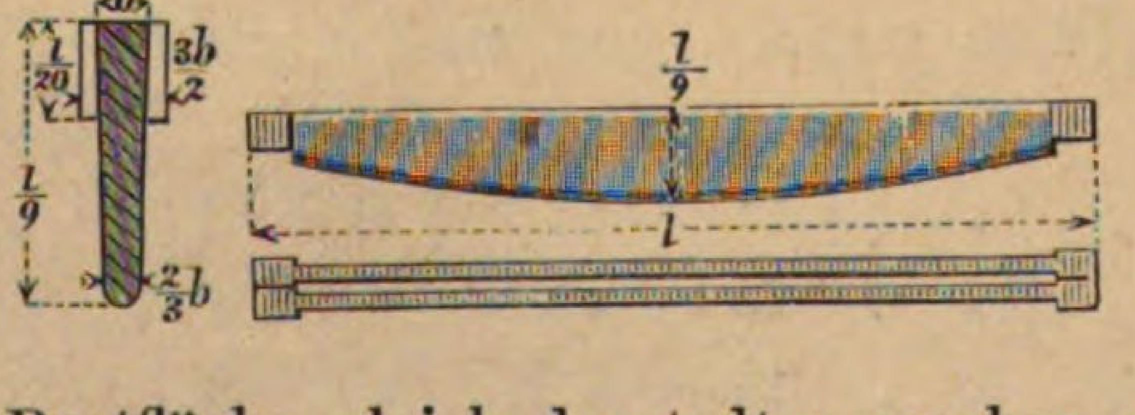
$$F = \frac{182}{1 \cdot 60 \cdot 60} = 0{,}05 \; \square \textit{Meter} = 500 \; \square \textit{Centimeter}.$$

Das Verhältniss der freien zur totalen Rostfläche nahm man früher für Holz, Torf und Steinkohle etwa = 1 : 4, was jedoch eine zu grosse Rostfläche ergiebt. **Fairbairn** empfiehlt pro 1 Kilogr. stündlich zu verbrennender Steinkohle 158 □ Centim. Rostfläche; nach dem vorstehenden Beispiele würde demnach eine totale Rostfläche von 1580 □ Centim. für 10 Kilogr. Steinkohle pro Stunde nöthig werden, es würde sich also ein Verhältniss der freien zur totalen Rostfläche von 500 : 1580 = 1 : 3 herausstellen. In neuerer Zeit macht man die freie Rostfläche oft gleich der todten Rostfläche oder das Verhältniss der freien zur totalen Rostfläche = 1 : 2, dieses Verhältniss dürfte jedoch zu kleine Roste ergeben. Die Rostspalten, das ist der Abstand der Roststäbe von einander, macht man 5 bis 10 Millim. breit, fette Kohle erfordert grössere, magere Kohle und Kohlenklein kleinere Spalten, daher auch dünnere Roststäbe.

Wie sehr die Ansichten der Techniker über zweckmässige Rostconstructionen von einander abweichen geht daraus hervor, dass die diversen Patente für Roste nahezu die Zahl 400 erreicht haben; complicirte Roste mit Gelenk und Hebelbewegung verdienen keine Empfehlung, einfache Stäbe, die sich leicht von Schlacken reinigen lassen, sind am vortheilhaftesten. Sehr zu empfehlen ist es, dass vor dem Rost eine genügend lange Platte angebracht wird, worauf das frische Brennmaterial vor der Verbrennung lagert. Die aus dem Brennmaterial entweichenden Gase müssen dann über die auf dem Roste befindliche glühende Kohlenschicht streichen, wobei sie grösstentheils verbrennen. Der Aschenfall unter dem Roste ist möglichst mit Wasser gefüllt zu halten, welches durch die hineinfallenden glühenden Kohlentheilchen allmälig verdunstet und den Rost abkühlt, zugleich wird aber der durch die glühende Kohlenschicht aufsteigende Wasserdampf unter Bildung von Kohlenoxyd in Wasserstoffgas zersetzt, welches Gas beim Verbrennen einen grossen Wärmegrad entwickelt.

Die Roststäbe erhalten passende Verhältnisse, wenn man sie nach Fig. 895 construirt und die Breite $b = 10$ bis 25 Millim. annimmt, je nach der Länge der Roststäbe, die zweckmässig 1 Meter nicht überschreiten soll. An den Auflager-Enden erhält der Roststab eine Breite von $1\frac{1}{2}b$, wenn das Verhältniss der freien zur totalen Rostfläche 1 : 3 betragen soll, $2b$ dagegen, wenn man die freie Rostfläche gleich der todten machen will. Eine grosse Verbreitung hat der **Etagenrost** von Herrn Ing. **Langen****) gefunden, der gegen gewöhnliche Roste 20% Brennmaterial ersparen soll. Bei Dampfkesseln macht man die totale Rostfläche gleich $^1/_{20}$ bis $^1/_{50}$ der totalen Heizfläche,

Fig. 895.



*) Dasselbe lautet: Bei constanter Spannung sind die Volumänderungen eines Gases proportional seinen Temperaturänderungen. Für atmosphärische Luft ist: $\frac{V_1}{V} = \frac{1 + 0{,}00367 \cdot t_1}{1 + 0{,}00367 \cdot t}$ wenn V und V_1 die Volumina bei den Temperaturen t und t_1 bezeichnen.

**) Vollständige Zeichnungen findet man in der Zeitschrift deutscher Ingenieure Band 5.

je nach der Güte des Brennmateriales; als totale Heizfläche rechnet man für Hochdruckmaschinen mit Expansion 1,25 bis 1,50, ohne Expansion 1,50 bis 1,75 □Meter pro Pferdekraft (75 Secunden-Meter-Kilogr.), und man nimmt an, dass 1 □Meter Heizfläche bei mässigem Feuer 20 Kilogr. Dampf pro Stunde entwickeln könne; grosse Heizflächen sind vortheilhaft für Brennmaterialersparniss, man sollte daher, wenn möglich, auch für die besten Maschinen nicht unter 1,5 □Meter Heizfläche pro Pferdekraft annehmen. 1 □Meter directe Heizfläche leistet etwa so viel wie 5 □Meter indirecte Heizfläche. Unter ganz gleichen Verhältnissen erzeugt ein kupferner Kessel 50 Kilogr., ein eiserner 20 Kilogr. Dampf pro Stunde und pro □Meter Heizfläche, wonach die Leistungsfähigkeit des Kupfers $2^1/_2$ mal so gross ist als diejenige des Eisens. Bei guten Kesselanlagen mit eisernen Kesseln und bei der gewöhnlichen Temperatur des Speisewassers erzeugt:

1 Kilogr. beste Steinkohle . 7 Kilogr. Dampf	1 Kilogr. Holz . . . $2^1/_2$ bis 3 Kilogr. Dampf			
1 » gute Steinkohle . 6 » »	1 » bester Torf 3 » »			
1 » schlechte Steink. . 5 » »	1 » gewöhnlicher Torf $1^1/_2$ » »			
1 » Holzkohle 6 » »				

Eine gute Dampfmaschine consumirt pro Stunde und Pferdekraft, wenn sie mit Expansion und mit Condensation arbeitet, 15 bis 20, ohne Expansion aber mit Condensation 20 bis 25, mit Expansion aber ohne Condensation 25 bis 30, ohne Expansion und ohne Condensation 30 bis 35 Kilogr. Dampf.

Die Entfernung des Rostes von der Kesselfläche beträgt 30 bis 45 Centim., genaue Versuche über den vortheilhaftesten Abstand fehlen; zweckmässig erscheint es, den Abstand nicht zu gross zu nehmen.

Der Querschnitt der Feuerzüge wird = der freien Rostfläche genommen, der Querschnitt über der Feuerbrücke = 0,6 derselben, der Abstand der letzteren vom Kessel muss 10 bis 12 Centim. betragen. Bedenkt man, dass Geschwindigkeitsänderungen der Verbrennungsgase in den Feuerzügen möglichst verhütet werden müssen, so ergiebt sich, dass die Feuerzüge nicht überall gleich grossen Querschnitt haben dürfen, sondern dass dort ihr Querschnitt am grössten sein sollte, wo die höchste Temperatur herrscht, denn wenn man dem Feuer 1 Kilogr. Luft von 0° pro Sec. zuführt, so muss man auch 1 Kilogr. heisse Luft pro Sec. durch die Kanäle und durch den Schornstein abführen. Nun ist die Temperatur im Feuerraum ungefähr 1200°, im Schornstein meistens 300° und das Volumen derselben Gewichtsmenge Luft bei 1200° ist 5,4, bei 300° 2,1 mal so gross, als bei 0°, demnach müsste der Querschnitt des Feuerraumes sich zum Querschnitte des Schornsteines wie 5,4 : 2,1 verhalten. Auf diese unvollkommene Grundlage lässt sich aber noch keine allgemeine Regel aufstellen, in welchem Verhältniss die Querschnitte der Kanäle nach dem Feuerraum zu erweitert werden müssen, man weiss nur so viel, dass wenn die Dimensionen der Kanäle nur genügend gross sind, man sie dann ohne merklichen Einfluss ziemlich willkührlich annehmen kann, eine Erweiterung der Feuerzüge nach dem Feuerraume zu wird aber jedenfalls nützlich sein.

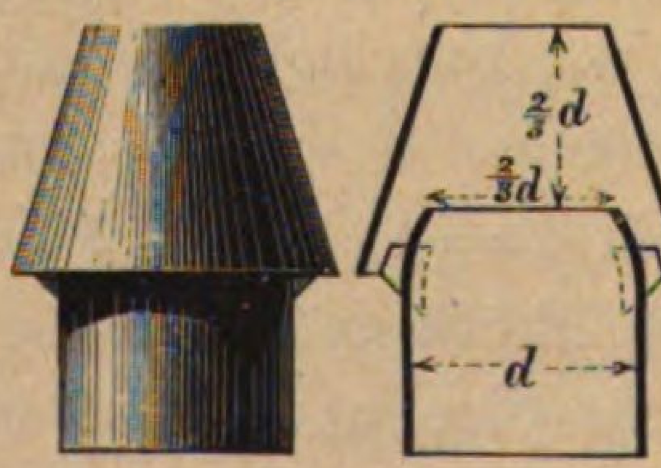
Die obere Schornsteinöffnung soll bei Kesselanlagen einen Querschnitt = 0,5 bis 0,7 der freien Rostfläche erhalten oder 30 bis 35 □Centim. pro 1 Kilogr. stündlich zu verbrennender Steinkohle, oder 120 bis 170 □Centim. pro Pferdekraft der Maschine. Nennt man: N die Anzahl der Pferdekräfte der Maschine oder des Kessels, d den oberen lichten Durchmesser des Schornsteins in Centim., so kann man auch $d = 12$ bis $15\sqrt{N}$ annehmen. Für den genügenden Zug einer Feuerung ist eine Schornsteinhöhe von 20 Meter unter allen Umständen ausreichend, wenn örtliche Verhältnisse nicht eine andere Höhe bedingen. Oft wird die Höhe der Schornsteine 35 bis 45 mal so gross gemacht, als der obere Durchmesser, welche Regel aber für weite Schornsteine eine zu grosse Höhe ergiebt. Gemauerte Schornsteine sind ausser bei provisorischen Anlagen, den eisernen wegen der geringeren Abkühlung vorzuziehen; die letzteren erhalten oben 3, unten 5 Millim. Blechstärke und wird der untere Querschnitt etwa 1,3 mal so gross genommen, als der obere.

Freistehende gemauerte Schornsteine erhalten bei rechteckigem Querschnitte oben 1 Stein Stärke und für je 4 bis 5 Meter Höhe $\frac{1}{2}$ Stein Verstärkung. Runde Schornsteine aus Formziegeln erhalten oben eine Stärke von 13 bis 16 Centim. und auf je 3 bis 4 Meter Höhe $2\frac{1}{2}$ Centim. Verstärkung. Diese Schornsteine werden bei rundem Querschnitte im Aeusseren kegelförmig, bei rechteckigem Querschnitte pyramidenförmig glatt gemauert, mit Vergrösserung des Durchmessers von 3 bis 4 Centim. pro Meter Höhe nach unten zu, während im Innern das Mauerwerk, der Verstärkung entsprechend, treppenförmig abgesetzt wird; sie erhalten oben eine Bekrönung und unten einen quadratischen oder 8 eckigen mit Gesimsen verzierten Sockel. Oben werden sie zweckmässig mit einer gusseisernen Platte abgedeckt; damit der Wind keine schädliche Wirkung auf die Schornsteinmündung ausüben kann, ist es empfehlenswerth, die Abdeckplatte unter einem Winkel von ca. 30 Grad gegen den Horizont abzuschrägen. Der höchste gemauerte Schornstein ist für eine chemische Fabrik in England ausgeführt, er hat vom Terrain bis oben die Form eines abgestumpften Kegels, ist 132,7 Meter hoch, hat einen untern Durchmesser von 12,6 Meter, einen oberen von 4,3 Meter, eine obere Wandstärke von 29 Centim. und eine untere Wandstärke von 87 Centim., er ist mit 5 inneren Absätzen gemauert. Hohe Schornsteine sind immer mit guten Blitzableitern zu versehen, und aussen oder im Innern werden aus Rundeisen von $1\frac{1}{2}$ Centim. Stärke gebogene Tritte zum Besteigen des Schornsteins eingemauert.

Bei Rauchröhren in den Wänden der Wohnhäuser rechnet man auf jeden Zimmerofen einen Querschnitt von 82 □Centim. des Zugrohres. Diese Röhren werden gewöhnlich 16×16 bis 20×20 Centim. weit gemacht, so dass 3 Zimmeröfen in einem oder mehreren Geschossen ihren Rauch in eine Röhre ableiten können. An den Stellen, wo die Ofenröhren in das Zugrohr einmünden, wird das letztere zweckmässig erweitert und müssen die Ofenröhren so in das Zugrohr eingeführt werden, dass der Rauch schon das Bestreben hat, nach oben zu steigen. Die Röhren sind inwendig möglichst glatt zu verputzen, damit der Rauch nur einen geringen Reibungswiderstand findet und dürfen »Schleifungen« der Röhren nie unter einem geringeren Winkel als 45 Grad ausgeführt werden; die entstehenden Ecken sind nach einem Bogen von mindestens 1 Meter Radius abzurunden. Jedes Zugrohr muss unten, wo es anfängt, und über dem obersten Dachboden, sowie bei zweimal veränderter Richtung auch in der Mitte eine durch eiserne Thüren verschliessbare Reinigungsöffnung haben. Münden mehrere enge Röhren in der Höhe des obersten Dachbodens in einen weiteren Aufsatz aus, so erhält nur der letztere eine grössere verschliessbare eiserne Thür.

Zur Vermeidung des Rauchens der Feuerungsanlagen und zur Beförderung des Zuges im Schornstein sind zahlreiche Vorrichtungen construirt worden, welche entweder feststehend oder mit beweglichen Theilen eingerichtet sind. Die ersteren verdienen deshalb den Vorzug, weil sie bei gleicher Zweckmässigkeit in der Herstellung billiger und weil die beweglichen Theile durch die Witterungseinflüsse leicht unbeweglich werden, wodurch die Apparate dann eher nachtheilig als nützlich wirken.

Fig. 896.



Der feste Schornsteinaufsatz Fig. 896 ist im Jahre 1866 von Herrn **Noeggerath,** Director der Gewerbeschule zu Brieg in Schlesien, erfunden. Er besteht aus einem Mantel in Form eines abgestumpften Kegels, von ca. 75 Grad Seitenneigung gegen den Horizont, der mit seiner oberen Oeffnung um ca. $\frac{2}{3}$ des Rauchrohrdurchmessers höher steht als die Rauchrohrmündung; diese Mündung ist auf $\frac{2}{3}$ vom Durchmesser des Rauchrohres zusammengezogen. Die freie Ringfläche zwischen Kegelmantel und Rauchrohr hat einen Querschnitt, der dem des Rauchrohres ungefähr gleich ist. Durch diese ringförmige Oeffnung erhält der gegen das Rohr stossende Wind eine nach oben gerichtete Strömung, er bläst also den Rauch aus der oberen Mündung des Mantels und befördert auf diese Weise den Zug im Rohre. Windströmungen von weniger als 45 Grad

Neigung gegen den Horizont können nicht in den Schornstein eindringen. Dieser Schornsteinaufsatz wird aus Zink- oder Eisenblech und aus gebranntem Thon hergestellt, ein solcher aus Eisenblech mit 16 Centim. Rohrweite und 1,2 Meter Rohrlänge kostet etwa 12 Mark, aus Thon bei 21 Centim. Rohrweite etwa 6 Mark.

Der in Fig. 897 in der Ansicht und im Verticalschnitte dargestellte Schornsteinaufsatz ist von dem Herrn Architekten **Dorn** in Berlin im Jahre 1867 erfunden und zuerst auf dem dortigen neuen Rathhause aufgestellt. Zwischen den 4 diagonalen senkrechten Scheidewänden sind 4 unter einem Winkel von ca. 30 Grad gegen den Horizont geneigte Bleche eingeschoben. Unter diesen Blechen befindet sich je ein anderes gebogenes Blech mit tangentialem Anschluss an dem 4eckigen Rauchrohr. Oben ist der ganze Apparat mit einem Dache versehen, um das Eindringen des Regens zu verhindern und die Sonnenstrahlen von der Mündung des Rohres abzuhalten. Derartige Schornsteinaufsätze aus Eisenblech mit 16 Centim. lichter Rohrweite kosten in Berlin ca. 12 Mark.

Fig. 897.

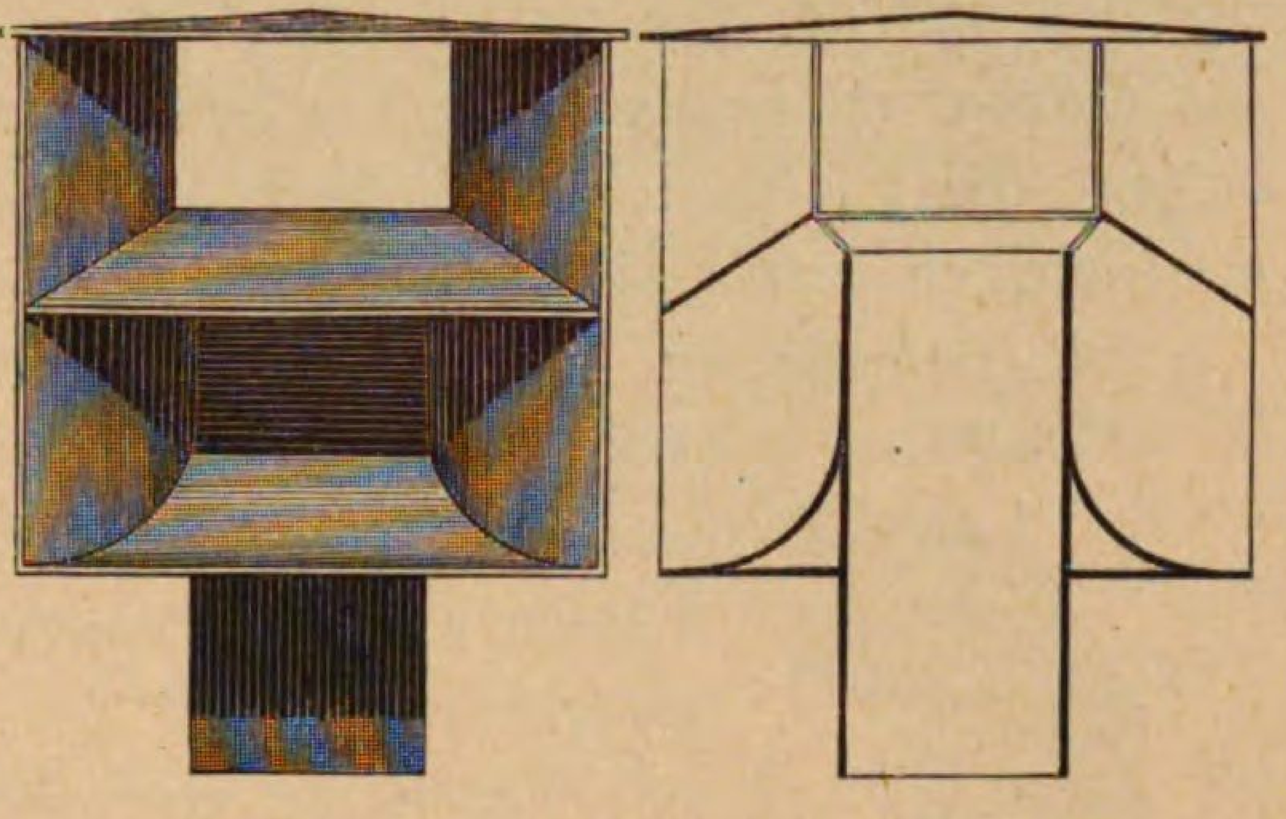
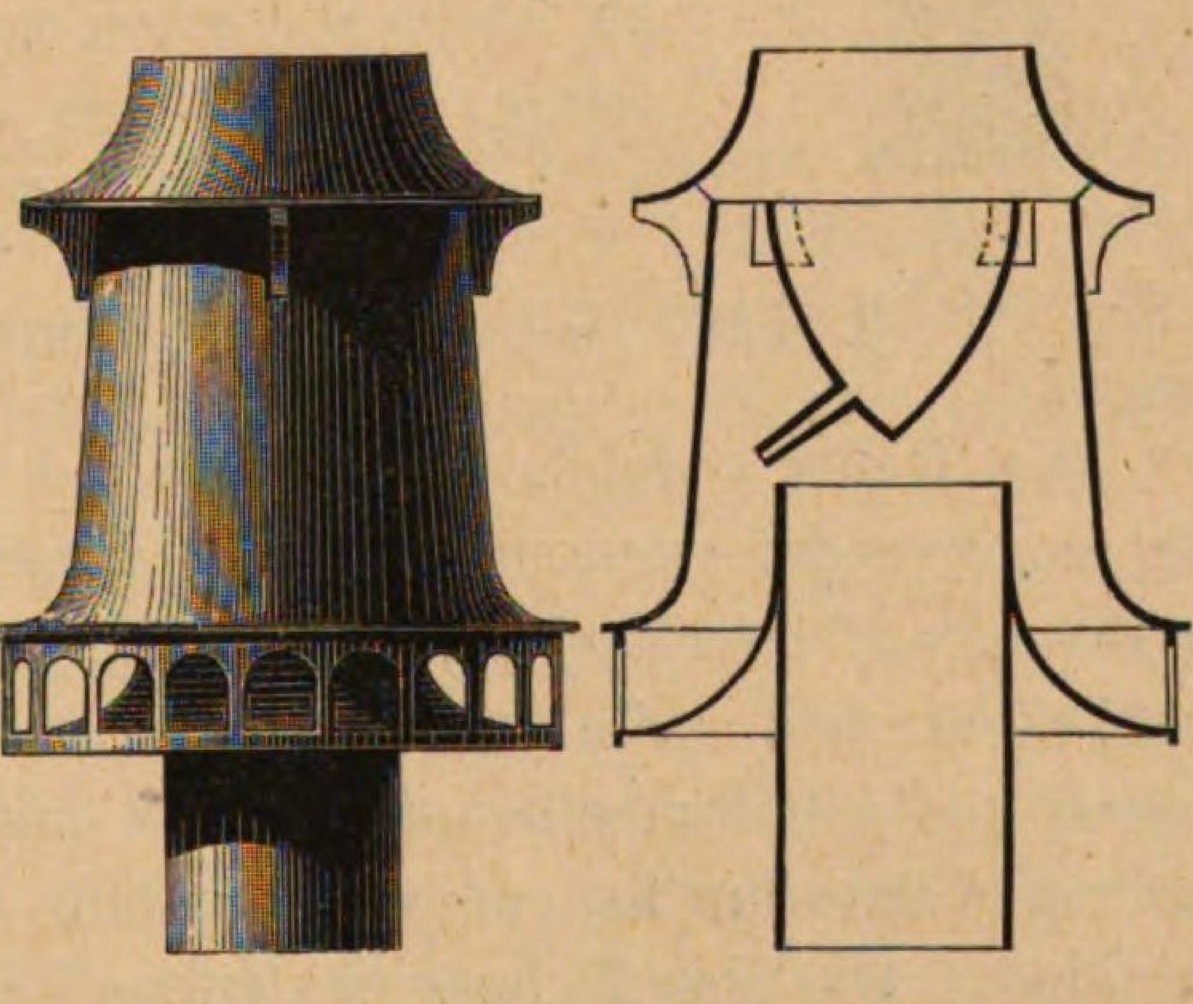


Fig. 898 zeigt den sog. »Deflector« (Ablenker), von den Civil-Ingenieuren Herren **Windhausen** und **Büssing** in Braunschweig erfunden und im Jahre 1868 patentirt; derselbe kann aus Kupfer, Zink und Gusseisen angefertigt werden. Um das Rauchrohr ist ein gekrümmter Schirm angebracht, in der Weise construirt, dass die Tangente an dessen Mantelfläche parallel mit dem Rauchrohr läuft. Oberhalb dieses Schirmes befindet sich ein mit kleinen Oeffnungen versehener Umhüllungsmantel, über dem wieder ein gekrümmter Mantel sitzt. Damit kein Regen in das Rauchrohr eindringen kann, hängt, an kleinen Laschen befestigt, in dem Umhüllungsmantel ein umgekehrter hohler Kegel mit convexem Mantel, der mit einem kleinen Regenabflussrohr versehen ist und der sich herausnehmen lässt, wenn das Rauchrohr gereinigt werden soll. Die freie Ringfläche zwischen dem unteren Schirm und dem Umhüllungsmantel in der Höhe der Mündung des Rauchrohres hat etwa doppelt so viel Querschnitt als das Rauchrohr.

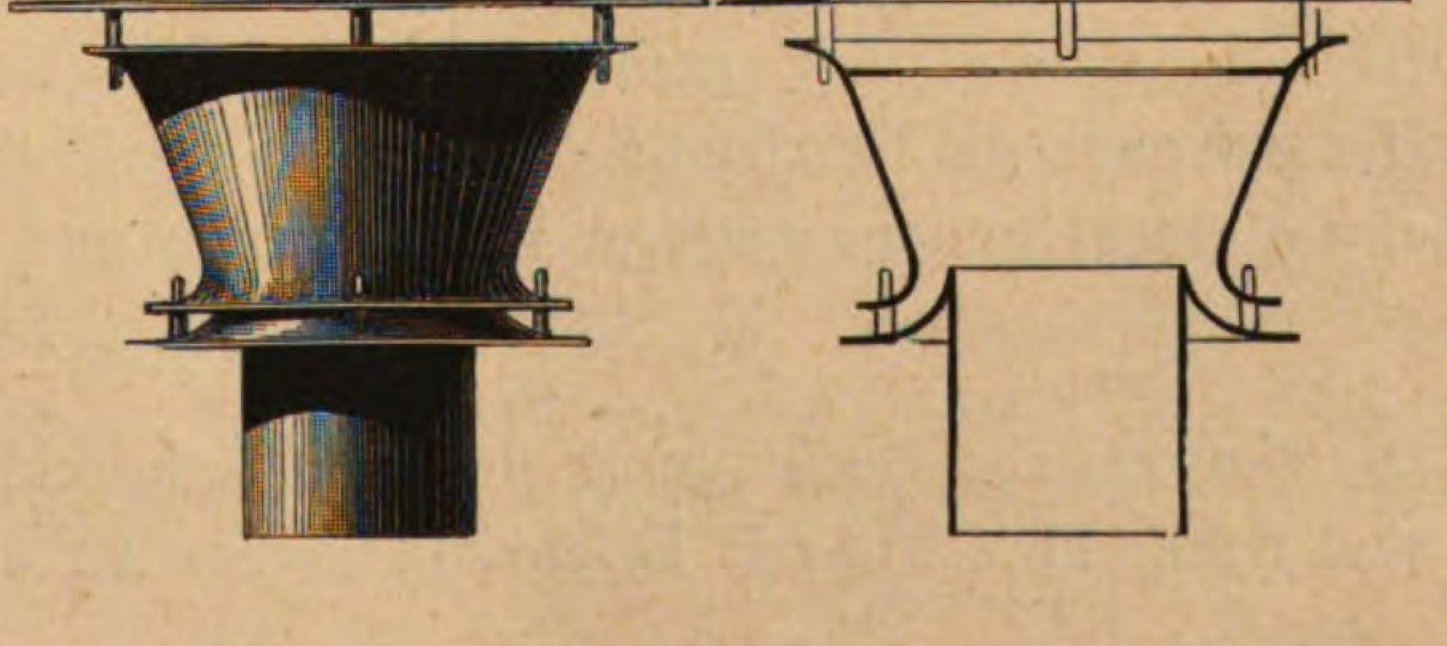
Fig. 898.



Die **Tangerhütte** bei Magdeburg liefert Deflectoren mit 3 Rohrweiten; bei 15 Centim. lichter Weite wiegen dieselben 30 Kilogr. und kosten 21 Mark, bei 20 Centim. lichter Weite 50 Kilogr. = 30 Mark und bei 26 Centim. Weite 88 Kilogr. = 42 Mark.

Der 1868 von Herrn Prof. Dr. **Wolpert** in Kaiserslautern erfundene Rauch- und Luftsauger ist in Fig. 899 in der Ansicht und im Verticalschnitte wiedergegeben. Derselbe besteht aus einem untern gekrümmten Schirm, auf dem ein nach oben erweiterter sog. Saugkessel mit einem horizontalen Ringe in der Nähe der obern Kante sitzt. Eine Deckplatte verhindert den Eintritt des Regens in das Rauchrohr, doch kann diese Platte

Fig. 899.



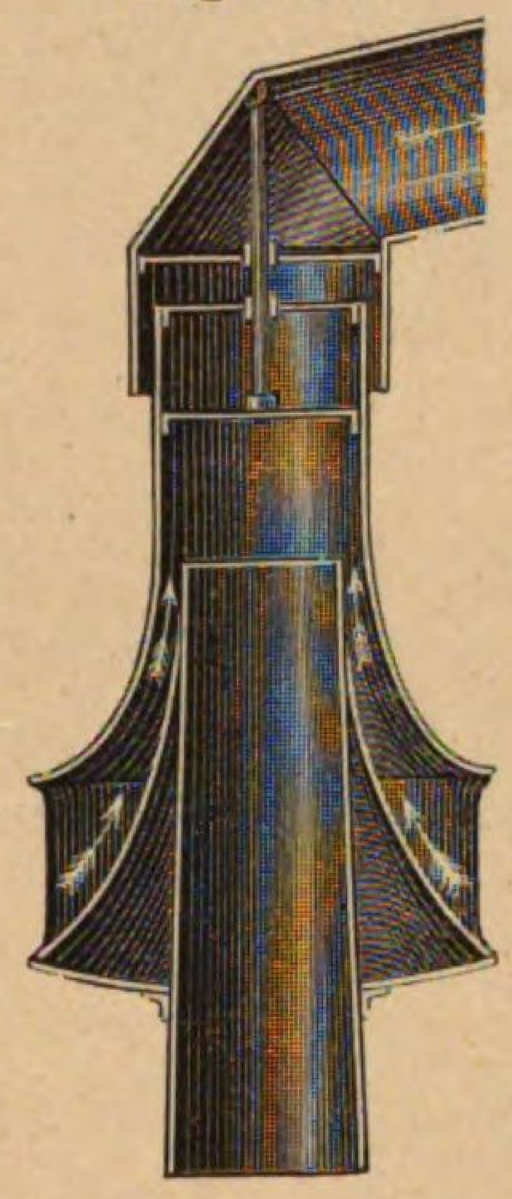
behufs Reinigung des Rohres leicht abgenommen werden. Die freie Ringfläche zwischen Schirm und Saugkessel hat einen Querschnitt = dem des Rauchrohres.

Der Apparat wird aus Zinkblech, Eisenblech und Gusseisen ausgeführt; aus dem letzteren Material kostet ein solcher Aufsatz bei 15 Centim. lichter Weite ca. 18 Mark. Der Verf. dieses hat derartige Rauch- und Luftsauger in verschiedenen Dimensionen, bis über 1 Meter Durchmesser, aus Eisenblech ausführen lassen, die sich sowohl für Feuerungsanlagen wie auch für Ventilationszwecke vorzüglich bewährt haben.

Die vorstehenden 4 Schornsteinaufsätze haben das Prinzip gemeinschaftlich, die horizontalen und die von unten und oben geneigten Windströmungen zur Beförderung des Zuges nutzbar zu machen und die Sonnenstrahlen von der Mündung des Rauchrohres abzuhalten; die letzteren 3 verhindern auch noch den Eintritt des Regens in das Rauchrohr, im Uebrigen haben alle 4 Aufsätze ziemlich gleich gute Wirkung.

Die Befestigung der Schornsteinaufsätze ist wegen des schädlichen Einflusses der Sonnenstrahlen auf das Blechrohr direct, ohne längeres Zwischenrohr, auf dem Mauerwerk des Schornsteins zu bewerkstelligen. Auch als Laternenaufsätze werden diese Apparate zur Verhinderung des Windeintrittes benutzt.

Fig. 900.



Einen mit einer beweglichen Kappe versehenen Schornsteinaufsatz zeigt Fig. 900, die Kappe dreht sich um eine im Rauchrohre befestigte Rundeisenstange und wird vom Winde selbstthätig so gerichtet, dass er nur eine günstige Wirkung auf die Zugbeförderung im Rohre äussern kann. Dieser **Aspirateur Noualhier** ist französischen Ursprungs und wird in Frankreich auch vielfach zur Ventilation der Eisenbahnwagen angewendet. Als Schornsteinaufsatz dürfte dieser Apparat aus dem Grunde nicht zweckmässig sein, weil die Kappe sich auf der Stange zu leicht festsetzen und weil das Rauchrohr von oben nicht leicht gereinigt werden kann.

§. 126. Zimmeröfen, Kamine, Kanalheizung und Kochheerde.

Die Oefen, welche bei kalter Jahreszeit zur Erwärmung der Luft in Wohnräumen etc. angewendet werden, sind sehr verschiedenartig construirt, haben aber in neuerer Zeit, in Bezug auf zweckmässige Ausnutzung des Brennstoffes, einen hohen Grad der Vollkommenheit erreicht. Sie werden meistens von dem Raum aus geheizt, den sie erwärmen sollen, und erhalten einen Feuerraum mit dem Roste, worauf das Heizmaterial verbrennt, und einen darunter liegenden Aschenfall, dessen Oeffnungen durch Thüren dicht verschliessbar sind. Die Heizfläche eines Ofens besteht aus den Theilen der Wandungen, die mit den Verbrennungsgasen in Berührung stehen, von diesen die Wärme aufnehmen und letztere an die zu erwärmende Luft eines Raumes abgeben. Die Grösse der Heizfläche richtet sich theils nach der Construction des Ofens, theils nach dem Brennmaterial, besonders aber nach dem Material, aus dem der Ofen besteht. Gusseiserne Oefen erfordern die kleinste Heizfläche, Oefen aus gebranntem Thon eine beträchtlich grössere.

Nach **Peclet** sind die Wärmemengen, welche ein Ofen stündlich pro □Meter Heizfläche abgiebt:

für Oefen aus Gusseisen = 4000 Wärmeeinheiten
» » » gebranntem Thon = 1600 »

Die erforderliche Heizfläche eines Ofens ist hiernach, wenn W die pro Stunde zur Erwärmung eines Raumes nöthige Wärmemenge und F die Heizfläche bezeichnet:

$$F = \frac{W}{4000} \text{ für Gusseisen; } F = \frac{W}{1600} \text{ für Thon} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (302)$$

Die theoretische Bestimmung der Heizfläche eines Ofens ist ziemlich mühsam; man pflegt sich daher meistens mit Erfahrungssätzen zu begnügen und für Oefen aus gebranntem

Thon 4 bis 5 □Meter Heizfläche (geheizte Oberfläche des Ofens) pro 100 Cubikmeter zu erwärmenden Raumes anzunehmen.

Bei einem vom Verf. dieses angestellten Heizversuche mit einem gut construirten schwedischen Thonofen, aussen weiss glasirt, hatte der Versuchsofen folgende Dimensionen. Der nicht geheizte Sockel war 35 Centim. hoch; der geheizte Ofen hatte 1,44 Meter Höhe, 52 Centim. Breite und 40 Centim. Tiefe, mit 2 aussen offenen Röhren und einer Gesammtheizfläche von 3,318 □Meter. Der Feuerraum war 23 Centim. breit, 32 Centim. tief und 50 Centim. hoch; der darin liegende Rost hatte 22 Centim. Breite und 15 Centim. Tiefe, seine Fläche betrug also $15 \times 22 = 330$ □Centim., seine Stäbe waren 16 Centim. breit, seine Spalten 8 Centim., daher verhielt sich die freie zur totalen Rostfläche wie 1 : 3 und zwar betrug die freie Rostfläche $^{330}/_{3} = 110$ □Centimeter. Die Heizthür hatte 18 Centim. lichte Breite bei derselben Höhe, die Aschenfall- oder Zugthür war 10 Centim. breit und 9 Centim. hoch.

Die Heizperiode dauerte täglich 14 Stunden, von 8 Uhr Morgens bis 10 Uhr Abends und wurde die Beobachtung 3 Tage lang fortgesetzt. Hierbei ist die Zimmertemperatur während der Beobachtungszeit beständig auf $+16$ bis 18^0 C. erhalten worden, während die Temperatur der äussern Luft bei scharfem Nordostwinde -15 bis 18^0 C., also die Temperaturdifferenz 31 bis 35^0 betrug. Durchschnittlich wurden täglich 16,8, oder stündlich 1,2 Kilogr. gute schlesische Steinkohlen verbrannt, die pro 1 Kilogr. etwa 6500 oder im Ganzen $1{,}2 \times 6500 = 7800$ Wärmeeinheiten abgeben konnten. Berechnet man die Heizfläche nach Formel (302), und macht die Annahme, dass bei dieser zweckmässig construirten Feuerungsanlage etwa $^2/_3 \cdot 7800 = 5200$ Wärmeeinheiten nutzbar gemacht sind, so wären:

$$F = \frac{W}{1600} = \frac{5200}{1600} = 3{,}25 \text{ □Meter Heizfläche}$$

erforderlich gewesen; in dem Versuchsfalle betrug die Heizfläche aber 3,318 □Meter; die Formel ist also ziemlich zuverlässig.

Der beheizte Versuchsraum hatte 3,5 Meter lichte Höhe, 4,4 Meter Breite und 5,3 Meter Tiefe, es waren demnach 81,62 Kubikmeter Zimmerluft zu erwärmen. Hieraus folgt ein Verhältniss des beheizten Raumes zur Heizfläche $= 81{,}62 : 3{,}318$, oder auf 100 Kubikmeter Raum kommen ca. 4,1 □ Meter Heizfläche. Hätte man einen gusseisernen Ofen verwendet, so wären nach Formel (302) nur:

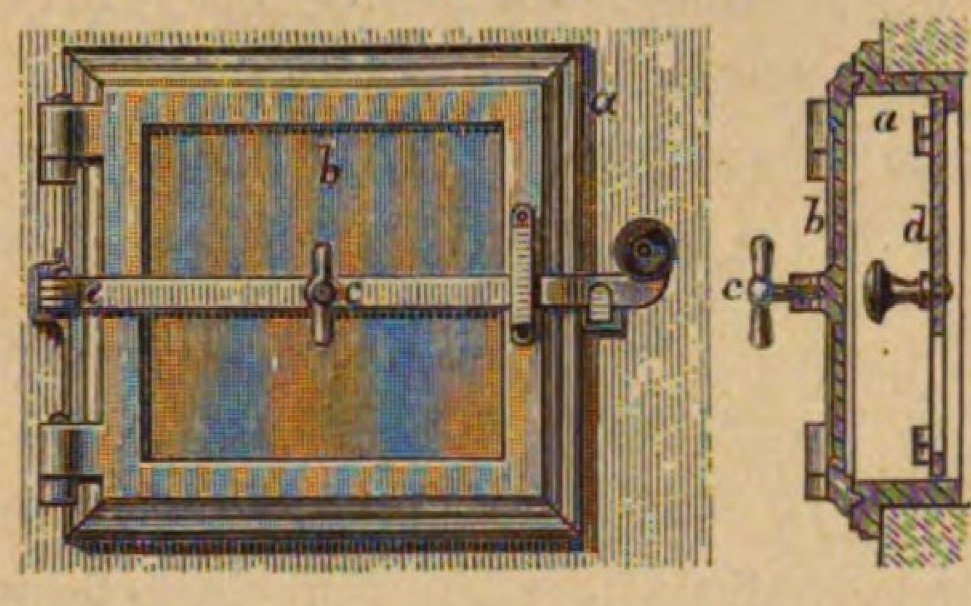
$$F = 4{,}1 \frac{1600}{4000} = \text{rot. } 1{,}6 \text{ □Meter Heizfläche}$$

pro 100 Kubikmeter Raum nöthig gewesen, wobei vorausgesetzt ist, dass der Ofen inwendig so mit Chamotte bekleidet wird, dass die Wandungen nicht glühend werden können. Bei dem obigen Versuchsraum ist noch zu bemerken, dass er 2 nach Norden gelegene Fenster von je 1,25 Meter Breite und 2,25 Meter lichter Höhe hatte, mit doppelter Verglasung und 17 Centim. Abstand der Glasflächen, doch hatten die Fenster keinen besonders dichten Schluss; die den Fenstern gegenüber liegende Flügelthür war 1,3 Meter breit und 2,55 Meter hoch. An einer Langseite des Raumes und oberhalb der Decke lagen geheizte, unten und an den beiden andern Seiten ungeheizte Räume.

Die Oefen durch Drosselklappen etc. abzusperren ist sehr gefährlich und meistens polizeilich verboten, denn wenn die Kohle im Ofen nicht vollständig ausgebrannt ist, kann sich durch ungenügende Sauerstoffzuführung Kohlenoxydgas entwickeln, welches giftige Gas den Erstickungstod der Zimmerbewohner herbeizuführen im Stande ist, wenn es in das Zimmer ausströmen kann; derartige Erstickungsfälle sind bekanntlich sehr oft vorgekommen. Dagegen ist die Anwendung der luftdichten Ofenthüren sehr zu empfehlen, denn wenn diese nach dem Verbrennen des Brennstoffes geschlossen sind, kann keine Wärme aus dem Ofen in den Schornstein entweichen, weil Luft aus dem Zimmer nicht mehr in den Ofen eindringt und die leichtere erhitzte Luft im Ofen ersetzt. Die glühende Kohle muss ihre Wärme also fast vollständig an die Ofenwände abgeben, durch welche

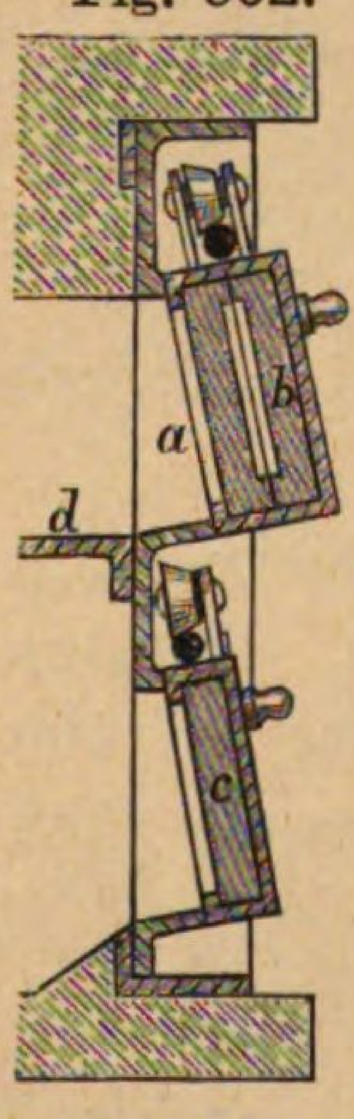
sie in das Zimmer geleitet wird. Diese luftdichten Ofenthüren sind in Fig. 901 in der Vorderansicht und im Verticalschnitte dargestellt; sie bestehen aus einem gusseisernen Rahmen *a* und aus einer Thür *b*, die entweder abgehobelt und dicht aufeinander geschliffen sind, oder der eine Theil hat eine vertiefte Nute, die mit Asbest ausgefüllt wird. Den Asbest erweicht man in Wasser und bringt ihn mit Gummi arabicum in die Nute, worin er vor dem Gebrauche der Thür gehörig trocknen muss. Auf der Thür befinden sich feine Leisten, welche sich auf den elastischen Asbest legen und mittelst Schraube dichtschliessend darin eingedrückt werden. Die Druckschraube *c* sitzt in der Thürklinke, welche an einem Ende bei *e* ein Charnier hat und sich am andern Ende hinter einen Haken legt. Soll die Thür geöffnet werden, so schraubt man *c* zurück und hebt dann die Thürklinke durch den kleinen hölzernen Knopf aus dem Haken. In dem gusseisernen Rahmen *a* ist noch eine Thür *d* angebracht, welche die strahlende Wärme von der luftdichten Thür *b* abhält, damit diese sich nicht werfen und krumm werden kann.

Fig. 901.



Die Rahmen müssen natürlich so in den Ofen eingesetzt werden, dass die Fugen keine Luft durchlassen, auch muss der ganze Ofen dichte Fugen haben, weil sonst die luftdichten Thüren keinen Nutzen bieten. Der Preis gewöhnlicher luftdichter Ofenthüren mit Kittdichtung beträgt 4 bis 6 Mark, mit aufeinander geschliffenen Rändern 9 bis 15 Mark, letztere sind aber auch wesentlich vortheilhafter. Dass der Aschenraum ebenfalls eine luftdicht schliessende Thür haben muss, wenn man solche anwendet, ist selbstverständlich.

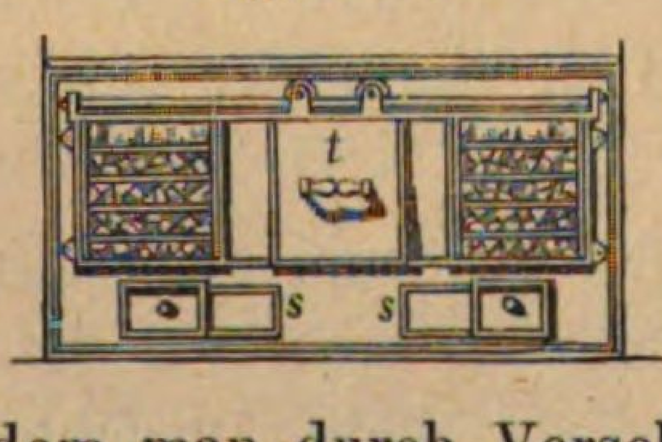
Fig. 902.



Sehr zweckmässig für Feuerungen aller Art sind **Sylvester's** patentirten luftdicht schliessenden Schiebethüren, deren Verticalschnitt Fig. 902 zeigt. In dem gusseisernen Rahmen *a* ist eine Stange aus Rundeisen befestigt, worauf die Heizthür *b* auf 2 Rollen hängt. Diese letzteren sind conisch, damit die geneigt liegende Thür durch ihr eigenes Gewicht dicht auf den gehobelten und geschliffenen Rändern des Rahmens *a* aufliegen muss. Der Rahmen hat eine solche Breite, dass die Thür, wenn sie geöffnet werden soll, sich zur Seite schieben lässt, wobei sie auf dem oberen und unteren verlängerten Rande gleitet. *d* ist die Vorplatte des Rostes, die von diesem ausgehende strahlende Wärme wird durch das Chamottemauerwerk *b*, womit die kastenförmige Thür ausgefüllt ist, von dieser abgehalten. Ganz ähnliche Einrichtung hat auch die Aschenraumthür *c*, nur ist dieselbe entsprechend leichter und niedriger gehalten.

Fig. 903 giebt die Ansicht einer Sylvester'schen Heizthür. Hierbei ist eine Doppelheizung mit verticalen Rosten angenommen und kann die Thür *t* vor die eine oder andere Oeffnung geschoben werden, auch können in diesem Falle 2 solche Thüren auf derselben Stange hängen. Die Aschenfallthüren haben hier keine Rollen, sondern oben hakenförmige Leisten und gleiten auf den Rändern *s*. Die Luftzuführung lässt sich durch diese Thüren ganz beliebig reguliren, indem man durch Verschiebung der Thür die Einströmungsöffnung nach Bedarf vergrössern oder verkleinern kann; wird die Heiz- und Aschenraumthür vollständig verschlossen, so muss das Feuer auf dem Roste verlöschen.

Fig. 903.



Für die Zimmeröfen sind Thüren von 15 bis 20 Centim. lichter Höhe und Breite ausreichend. Grössere Feuerungen erhalten Thüren von 25 bis 30 Centim. Höhe und 30 bis 35 Centim. Breite; die Höhe der Rostfläche über dem Fussboden beträgt dann 60 bis 70 Centimeter.

Wegen der grossen Wärmeleitungsfähigkeit eignet sich das Gusseisen sehr gut zur

Construction von Heizöfen; da aber nach **Graham**'s Versuchen fest steht, dass an der innern Fläche **glühender** eiserner Oefen Kohlenoxyd absorbirt und durch deren Wandungen in die den Ofen umgebende Luft verbreitet wird, da sich ferner nach **Morin** und den Untersuchungen der franz. Chemiker **Sainte-Claire Deville** und **Troost** ergeben hat, dass durch stark erhitzte Eisenwände die Verbrennungsgase aus dem Ofen in dem Maasse hindurchdringen, dass sie nachtheiligen Einfluss auf die menschliche Gesundheit ausüben können, so muss bei der Construction eiserner Oefen auf solche Einrichtungen Bedacht genommen werden, die das Glühen der Ofenwandungen wirksam verhindern können. Dies lässt sich entweder dadurch bewirken, dass man den eisernen Ofen an den Stellen, wo die grösste Wärmeentwickelung stattfindet, mit Chamottemasse ausfüttert, oder dadurch, dass der Ofen an den heissesten Stellen doppelte Wandungen mit einer dazwischen liegenden Luftschicht erhält; die Luft aus diesem Zwischenraum darf dann natürlich nicht in den zu erwärmenden Raum gelangen können, weil sie sonst Kohlenoxydgas in diesen einführen würde.

Am zweckmässigsten sind die eisernen **Füllöfen**, bei denen einmaliges Einfüllen des Brennmaterials gewöhnlich für eine zwölfstündige Unterhaltung des Feuers genügt. Bei den Regulir-Füllöfen nach dem System des Herrn Prof. Dr. **Meidinger** in Karlsruhe wird das Brennmaterial, Coaks oder Steinkohle, in nussgrossen Stücken von oben in den Ofenschacht geschüttet, bis dieser etwa auf 20 Centim. unterhalb des Rauchrohres gefüllt ist; hierauf legt man ca. $^1/_2$ Kilogr. klein gespaltenes Holz, schüttet, wenn das Holz angezündet ist, noch eine Schicht Coaks oder Steinkohlen auf und schliesst den Ofen oben, nachdem man die untere luftdicht schliessende Zugthür ganz geöffnet hat. Wenn das Feuer im Ofen gehörig brennt, wird die untere Zugthür bis auf einen kleinen Spalt zugeschoben. Die Entzündung des Brennstoffes setzt sich mit Verbrennung der Destillationsgase von oben nach unten fort und ist das Feuer in etwa 1 bis $1^1/_2$ Stunden unten angekommen, worauf die weitere Verbrennung nur unten stattfindet, während der obere Brennstoff langsam nachsinkt. Will man, bevor das Feuer ausgebrannt ist, Coaks nachfüllen, so kann man den Ofen monatelang in Brand erhalten. Durch die Weite der unteren Thüröffnung hat man den Grad der Verbrennung ziemlich in der Gewalt, schliesst man die Thür ganz, so muss das Feuer im Ofen auslöschen, weil die Sauerstoffzuführung aufhört. Ein Rost ist im Ofen meistens nicht vorhanden; die Asche sammelt sich im unteren Theil des Ofens an und wird täglich aus demselben entfernt, wobei man eine besonders geformte Rostgabel in die untere Zugthür einschiebt, um das Brennmaterial am Niedersinken zu hindern.

Diese Oefen werden in runder Form, sehr geschmackvoll ausgestattet, von dem Fabrikanten Herrn **E. Cohn** in Berlin (Hausvoigtei-Platz 12) geliefert; folgende Tabelle giebt die Kosten, das Füllungsquantum und den Cubikinhalt des Raumes, der durch den betreffenden Ofen hinreichend erwärmt werden kann. Die Oefen sind nach dem Prinzip des **Meisner**'schen Ofens mit einem Mantel umgeben, durch den die zu erwärmende Zimmerluft unten ein- und oben ausströmt; auch frische Luft lässt sich zuführen.

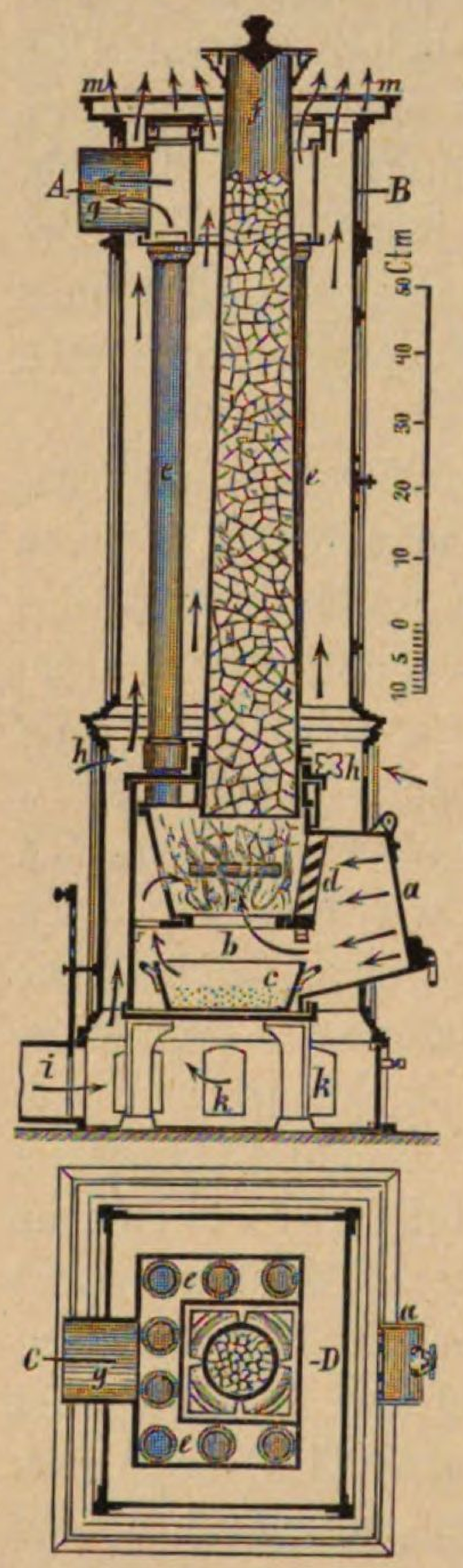
Der Ofen fasst	Steinkohlen	$6^1/_2$,	10,	$12^1/_2$,	19,	$22^1/_2$,	$37^1/_2$,	$52^1/_2$ Kilogr.
	Coaks	$3^1/_2$,	6,	$7^1/_2$,	10,	$12^1/_2$,	$27^1/_2$,	$42^1/_2$ «
Derselbe erwärmt einen Raum von		50,	70,	100,	150,	200,	300,	400 Cubikmeter
Preis pro Stück		48,	54,	60,	69,	75,	105,	126 Mark.

Die patentirten Regulir-Füllöfen nach dem System des Herrn Prof. Dr. **Wolpert** sind in Fig. 904 im Grundrisse und im Verticalschnitte nach *C—D* dargestellt*). Der Abschluss des Feuerraumes ist bei diesem sehr zweckmässigen Ofen durch eine schrägliegende luftdicht verschliessbare Schiebethür *a* bewerkstelligt, welche auf den Rand des Thürhalses aufgeschliffen ist und durch seitliche Verschiebung eine sehr leichte Zugregulirung zulässt. Durch die schmale Oeffnung an der etwas zur Seite geschobenen Thür *a* strömt die Luft in den Feuerraum, vertheilt sich hier nach allen Richtungen und gelangt

*) Entlehnt aus der Zeitschrift des Bayerischen Architekten- und Ingenieur-Vereins. 1871. S. 12.

vorgewärmt, theils durch den horizontalen Rost *b*, theils durch den aus drehbaren Stäbchen bestehenden schrägen Rost *d* und auch durch die auf den 3 Seiten des innern Feuerkastens angebrachten Schlitzen an das Brennmaterial, wodurch eine sehr vollkommene Verbrennung erreicht wird. Diese kann nur im Feuerraum **unter** dem Füllconus *f* stattfinden, nicht **in** letzterem selbst, weil derselbe oben durch einen in Sand gedrückten Deckel dicht geschlossen wird und die von unten eindringende Luft ihres Sauerstoffes beraubt ist, sobald sie durch die glühende Kohlenmasse hindurch in den unteren Theil des Füllraums *f* gelangt.

Fig. 904.



Die Feuerluft strömt durch 8 bis 30 oder mehr Röhren *e*, von 4 bis 5 Centim. Weite und 80 bis 120 Centim. Höhe, in einen Sammelkasten und entweicht durch das Rauchrohr *g* in den Schornstein. Der Rauchsammelkasten ist ringförmig, so dass die heisse Luft, welche zwischen dem Füllconus und den Heizröhren aufsteigt, auch ungehindert bei *m* aus dem Ofen ausströmen kann.

In dem Mantel des Ofens sind bei *h* noch kleine Oeffnungen angebracht, um dort noch einmal kältere Zimmerluft auf die heissesten Stellen des Ofens zu führen und dem mittleren Theil des Ofens die Wärme mehr zu entziehen, als es nur durch den um den Heizkasten aufsteigenden, bereits erhitzten Luftstrom geschehen könnte. Durch diese kleinen Oeffnungen bemerkt man auf das beginnende Glühen dieses heissesten Ofentheils, was durch engeren Schluss der Thür *a* abgestellt werden kann.

Die Füllung dieses Ofens unterscheidet sich von der des vorhergehenden Ofens wesentlich dadurch, dass das Brennmaterial nicht von **oben**, sondern unten auf dem Roste angezündet wird, wobei man das Material durch eine eingeschobene Rostgabel am Herabsinken aus dem Füllconus hindert. Ist das Feuer im Ofen einmal entzündet, so sinkt das Brennmaterial in dem Maasse aus dem Füllschachte auf den Rost, wie hier die Verbrennung vor sich geht und man hat den Verbrennungsgrad durch Regulirung der Thüröffnung *a* ganz in der Gewalt. Bei Heizung mit solchen Coaks, welche sandige Asche geben, ist man bei täglicher Nachfüllung leicht im Stande, das Feuer im Ofen Monate hindurch continuirlich zu unterhalten und man kann den Witterungsverhältnissen entsprechend immer eine angenehme Temperatur erzielen, da sich, vermöge der vorzüglichen Regulirung, die stündliche Verbrennung bei den Oefen mittlerer Grösse von 5 bis auf $^1/_2$ Kilogr. Coaks und noch weiter vermindern lässt. Die Asche aus dem Behälter *c* entfernt man täglich.

Durch den Mantel des Ofens wird die strahlende Wärme so sehr vermindert, dass man den Zimmerraum ganz in der Nähe des Ofens nach Belieben benutzen kann, auch ist die Temperatur der Luft in verschiedenen Entfernungen vom Ofen, sowie in den oberen und unteren Schichten wenig verschieden, wenn man für entsprechenden Abzug der verbrauchten und für Zuführung frischer Luft sorgt. Zu letzterem Zwecke befindet sich am Ofensockel ein Luftcanal *i*, der mittelst Schieber verschliessbar ist; lässt man durch diesen frische Luft einströmen, so müssen die Oeffnungen *k*, welche an 3 Seiten des Ofens zur Einströmung der Zimmerluft angebracht sind, durch Schiebeplatten geschlossen werden, weil sonst die reine Luft durch jene Oeffnungen kalt ins Zimmer fliessen und die unteren Schichten, besonders den Fussboden zu stark abkühlen würde. Wenn man nicht continuirlich heizt, schliesst man gegen das Ende der Verbrennung eines Füllquantums die oberen Stäbchen des schrägen Rostes *d*, Fig. 904, fest aneinander, damit nicht die Luft über die herabgesunkene Kohlenmasse hinweg in den Ofen strömt.

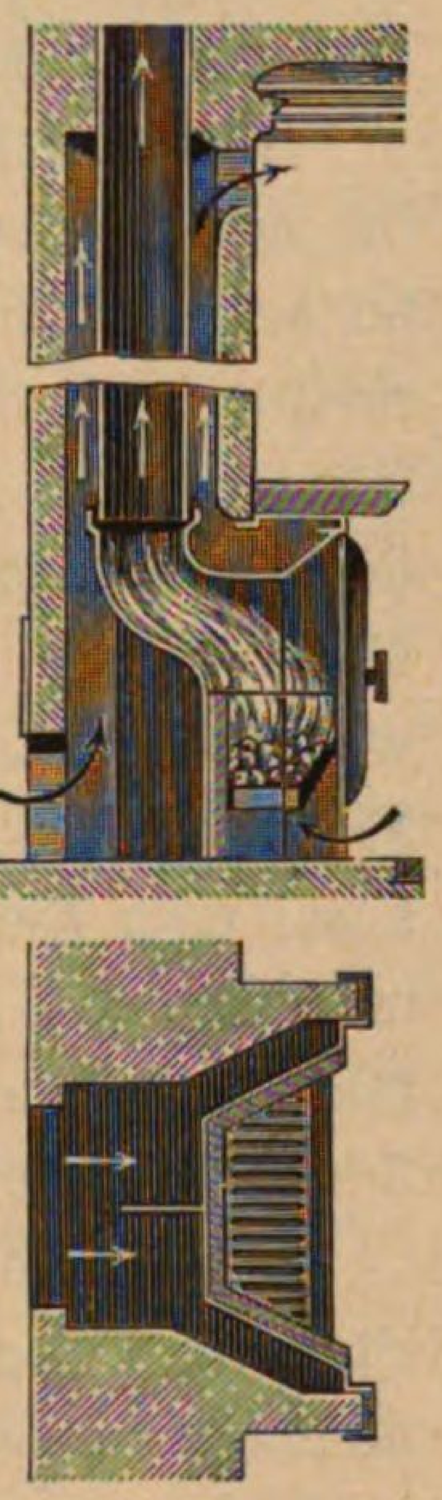
Der in Fig. 904 dargestellte **Wolpert'**sche Füllofen wird von dem Eisenwerke **Kaiserslautern** zum Preise von 108 Mark geliefert; für gewöhnliche Verhältnisse ist dieser Ofen

zur Erwärmung von Räumen bis zu 200 Cubikmeter anwendbar; dasselbe Eisenwerk führt solche Oefen jetzt nach neuen verbesserten Modellen in verschiedenen Grössen aus. Die Turnanstalt zu Speier wird von einem solchen Ofen geheizt, und wird der Raum von 449 Cubikmeter mit einem täglichen Aufwande von 9 Kilogr. Coaks bei ungünstigen Verhältnissen auf 15 bis 17 ° C. erwärmt. In den Sälen der Gewerbeschule zu Kaiserslautern sind durchschnittlich auf 100 Cubikmeter Raum täglich 7 Kilogr. Gascoaks aufgewendet. Die protestantische Kirche daselbst wird durch 2 solche Füllöfen mit je 60 Kilogr. Coaks hinreichend erwärmt.

Es sind noch viele andere Füllöfen construirt worden*), die jedoch an Zweckmässigkeit den **Wolpert**'schen nicht gleich kommen dürften.

Kaminfeuer machen das Brennmaterial nur in sehr geringem Grade nutzbar, indem die vom Kamin ausgestrahlte Wärme sich nicht weit im Zimmer verbreitet, sondern gleich wieder in das Kaminfeuer einströmt und zum Schornstein hinausgeführt wird; dagegen veranlasst das Kaminfeuer eine sehr starke Ventilation des Raumes, worin es brennt und wird daher zu Ventilationszwecken oft mit Vortheil angewendet. In eleganten Räumen macht man auch oft aus dem Grunde Gebrauch von dem offenen Kaminfeuer, weil die sichtbare Flamme ein Gefühl der Behaglichkeit hervorruft.

Fig. 905.



In neuerer Zeit ist die Kaminfeuerung von **Galton** wesentlich verbessert. Bei Galton's ventilirendem Kaminofen, dessen Grundriss und Verticalschnitt Fig. 905 giebt, durchstreichen die dem offenen Kaminfeuer entströmenden Verbrennungsgase ein verticales eisernes Rohr, welches in einem gemauerten Canale angebracht ist. In diesen Canal tritt unten frische Luft durch eine mittelst Schieber verschliessbare Oeffnung ein, erwärmt sich an dem Rauchrohr, steigt in die Höhe und wird durch Seitenöffnungen oben in das Zimmer geleitet. Dieser Kamin wirkt also nicht nur durch Strahlung, sondern zugleich durch Zuführung reiner erwärmter Luft. **Morin****) hat sich über diesen Kaminofen sehr günstig ausgesprochen. Herr **B.** in Zschopau***) wendet seit 7 Jahren einen Kaminofen an, der im Prinzip Aehnlichkeit mit dem Galton'schen hat, aber eine weit rationellere Construction zeigt; derselbe ist in Fig. 906 im Verticalschnitte dargestellt. Die vom Rost abströmenden Verbrennungsgase bestreichen zunächst die aus Chamotte und Gusseisen gebildeten Wände *a* und *b*, deren Verbindung durch gusseiserne Quercanäle *g* und *h* bewirkt ist. *g* steht durch die verschliessbare Klappe *l* mit einem Luftzuführungscanal in Verbindung, während *h* in das zu heizende Zimmer ausmündet; die frische Luft steigt demnach zwischen den beiden erhitzten Chamotteplatten auf, erwärmt sich hieran und strömt durch *h* in das Zimmer. Weiter wird aber noch die hintere Chamotteplatte *b* von den Verbrennungsgasen erhitzt und die Feuerluft strömt von dem Canal *c* aus, durch 6 verticale Blechrohre *k*, von je 10 Centim. Durchmesser, nach dem Schornstein. Ein zweiter Luftzuführungscanal *e* leitet frische Luft an die verticalen Röhren *k*, diese Luft wird durch das Hinderniss *d* grösstentheils dicht an der erhitzten Chamotteplatte *b* vorbei geführt, an dieser sowohl wie an den Röhren *k* erwärmt sich die Luft und strömt bei *f* in das Zimmer, breitet sich hier an der Decke aus, sinkt dann in Folge stattfindender Abkühlung an den Zimmerwänden nieder und strömt über dem Fussboden dem Feuer zu, wodurch eine vorzügliche Ventilation hergestellt ist, indem die brennenden Kohlen die verbrauchte Zimmerluft gleichsam ansaugen.

Fig. 906.



*) Ein solcher von **Brown** und **Green** ist abgebildet im Engineer 1874. S. 112. **) *Bulletin de la Soc. d'encouragement* 1874. S. 40. ***) Entlehnt aus der Leipziger Illustrirten Zeitung 1874. Nr. 1634.

Da die Zimmerluft aber nicht unter den Rost gelangen kann, sondern durch die Vorderwand der Feuerung in die Glut einströmt, so ist die Verbrennung der Kohle keine sehr lebhafte und der Ofen vermag bei grösserer Kälte nicht mehr genügend zu heizen. Tritt dieser Fall ein, so hat man nur nöthig, die Klappe *m* zu öffnen und dadurch frische Luft von aussen direct unter den Rost treten zu lassen, wodurch die Verbrennung intensiv und die gewünschte stärkere Heizung erzielt wird. Gleichzeitig bietet die Klappe *m* den Vortheil, dass die Asche von dem Rost in das Souterrain fallen kann, das Zimmer wird daher nicht durch Aschenstaub verunreinigt. Die Regulirung der verschiedenen Klappen wird durch die vor dem Kamin befindlichen Handgriffe *i* bewirkt.

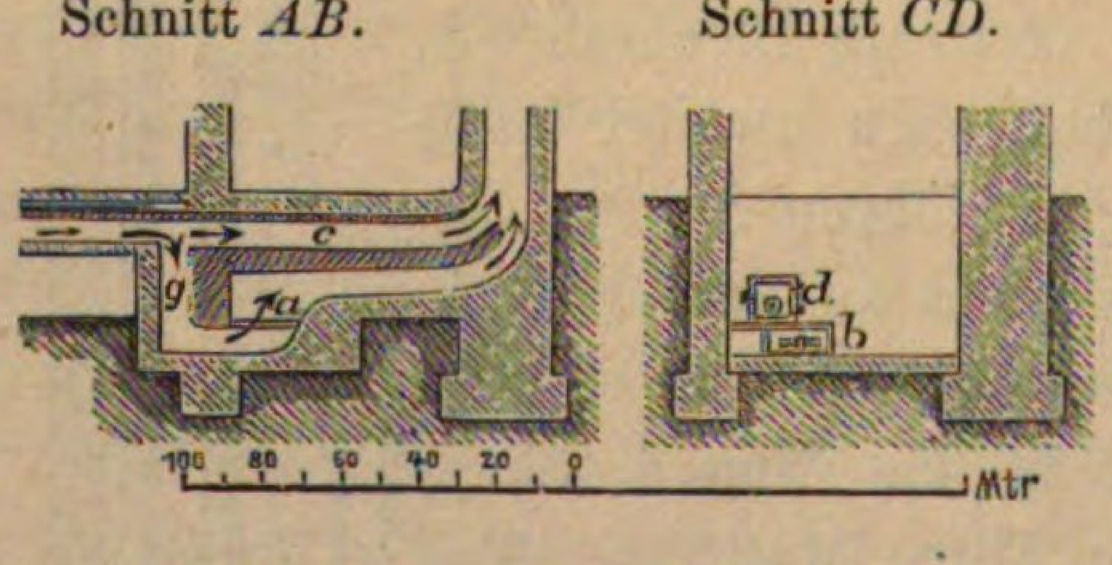
Bei diesem Kamin ist die Luftcirculation rasch genug, um das Glühendwerden der Platten und Rohre zu verhindern, so dass die Luft im Zimmer zwar sehr angenehm warm wird, aber frei bleibt von übelriechenden und gesundheitsschädlichen Bestandtheilen. Es lässt sich leicht einsehen, dass dieser Kaminofen vorzüglich eingerichtet und in der Herstellung nicht sehr theuer ist, daher wird er häufige Anwendung finden.

Canalheizungen werden oft zur Erwärmung von Treibhäusern ausgeführt; hierbei verbrennt das Brennmaterial in einem Ofen, dessen Rost mindestens 1 Meter unter dem Fussboden liegt und die Verbrennungsgase strömen durch sog. Feuergänge, die theils unterhalb, theils oberhalb des Fussbodens liegen, in den Schornstein, während die erhitzten Wandungen der Feuergänge die von den Verbrennungsgasen aufgenommene Wärme an die Luft des Treibhauses abgeben. Der Ofen oder Feuerungskasten erhält gewöhnlich 0,7 bis 1,0 Meter Länge, 0,4 bis 0,6 Meter Breite und 0,4 bis 0,5 Meter Höhe; die Decke desselben wird am besten $^1/_2$ Stein stark aus feuerfesten Steinen gewölbt. Die Feuercanäle (vergl. *a* Fig. 741) bildet man am zweckmässigsten aus Thonplatten, auch Kacheln und Ziegeln kann man hierzu anwenden; sie erhalten nach dem Schornstein zu eine Steigung von mindestens 1 : 50 und nimmt man die Höhe des Schornsteins etwa = $^1/_3$ der Feuergangslänge. Ihr Querschnitt muss mindestens = der freien Rostfläche sein; ihre Länge darf bei 500☐Centimeter Querschnitt etwa 25 bis 30 Meter betragen.

Müssen die Feuercanäle eine grosse Länge erhalten und kann man dabei nur geringe Steigung geben, so ist die Anbringung sog. Lockfeuer empfehlenswerth, wie solche von dem Herrn Ing. **Mayer** bei der Canalheizung im Orangerieschloss bei Cassel*) angewendet sind. Hier mussten die Feuercanäle jedes Canalsystems 38 Meter Länge erhalten und konnte man auf die ersten 3 Meter Canallänge vom Ofen ab 3 Centim., von hier ab aber nur noch 8 Millim. Steigung pro lauf. Meter geben, indem eine Vermehrung der Steigung wegen des hohen Grundwasserstandes sich nicht ausführen liess. Um bei diesen ungünstigen Verhältnissen doch noch den nöthigen Zug in den Canälen zu erzielen, legte man nahe an der Einmündung des Canals in den Schornstein ein Lockfeuer ein, welches den Zweck hat, die im Canal befindliche feuchte Luft auszusaugen und einen starken Zug in demselben herzustellen.

Fig. 907.

Schnitt *AB*. Schnitt *CD*.



Grundriss.



Fig. 907 zeigt diese Einrichtung im Grundrisse und in 2 Verticalschnitten. Wird das Lockfeuer auf dem Roste *a* angezündet, so wird die darüber liegende Canalzunge und dadurch auch die Luft im Canale *c* erwärmt, so dass diese sich ausdehnt und im Schornstein empor steigt. Sobald das Feuer auf dem Roste *a* gehörig brennt, kann der Zug im Canale *c* durch Verschliessen des Aschenloches *b* noch bedeutend vermehrt werden, da alsdann das Lockfeuer die für den Verbrennungsprocess nöthige Luftmenge aus dem Canale *c* durch den Verbindungscanal *g* beziehen muss. Bei einem Canalsystem angestellte Versuche haben eine sehr kräftige Zugwirkung dieses Lockfeuers

*) Deutsche Bauzeitung 1873. S. 188.

ergeben, wesshalb solche für grössere Ventilationsanlagen in Krankenhäusern, Schulen etc. sehr empfehlenswerth erscheinen.

Canalheizungen sind auch oft zur Erwärmung grosser Werkstätten angewendet, wobei der Feuercanal aus einem entsprechend weiten eisernen Rohre besteht. Fig. 2, **Blatt 4**, zeigt eine derartige Heizeinrichtung. Das ca. 0,6 Meter weite, am besten aus Gusseisen bestehende Rohr ist von dem Heizofen aus in einem Canal unterhalb des Fussbodens gerade durch die Werkstatt in den Schornstein geführt und hat hier eine Länge von etwa 70 Meter, so dass die Verbrennungsgase ziemlich stark abgekühlt werden, bevor sie in den Schornstein gelangen; die von dem Brennmaterial entwickelte Wärmemenge wird durch dieses im Canal freihängende Rohr also möglichst nutzbar gemacht und steigt durch die durchbrochene Canalabdeckung in die Werkstatt. Dort wo die Verbrennungsgase vom Ofen in das Rohr eintreten, wird dasselbe zweckmässig auf einer längeren Strecke mit Chamotte ausgefüttert, damit das Rohr nicht glühend werden und das giftige Kohlenoxydgas durchlassen kann. Die Steigung des Rohres nach dem Schornstein zu muss bei solchen Röhren auch mindestens 1 : 50 betragen.

Kochherde sind in neuerer Zeit wesentlich verbessert und werden jetzt allgemein mit verschlossenem Feuerraum construirt. Die frei über dem Feuerraum liegende Kochplatte besteht, wegen der grösseren Wärmeleitungsfähigkeit, am besten aus Gusseisen und erhält zweckmässig nur ein Topfloch direct über dem Feuerraum. Aber auch dieses kann ohne Wärmeverluste wegbleiben, denn man erhält einen vorzüglichen Heizeffect, wenn die Flamme unter der Platte ungehindert spielen und sich in einer dünnen Schicht gleichmässig ausbreiten kann. Es kocht dann in allen Töpfen **auf** der Herdplatte und man erreicht noch den Vortheil, dass die Töpfe nicht russig werden, sich also leichter reinigen lassen und die Wärme besser aufnehmen.

Die Leitung der Verbrennungsgase unter der Herdplatte beeinflusst den Heizeffect wesentlich und es sind solche Hindernisse anzubringen, die den Strom der Feuerluft zwingen, seine Wärme grösstentheils abzugeben, bevor er in den Schornstein gelangt; am besten werden die Verbrennungsgase ausgenutzt, wenn man sie am Ende der Herdplatte **abwärts** führt, denn durch das natürliche Bestreben der erwärmten Luft aufwärts zu steigen, müssen sich die heissen Gase mit einer gewissen Spannung unter der Herdplatte völlig ausbreiten und dieselbe stark erhitzen, bevor sie abwärts strömen.

Das zur Erhitzung der Kochplatte benutzte Feuer genügt auch noch zum Backen und Braten, zu welchem Zwecke eine besondere Bratröhre in den Herd eingelegt wird; hierbei ist besonders zu empfehlen, die Bratöfen von **oben** nach **unten** und nicht von unten nach oben zu heizen, weil dadurch die Speisen gleichmässiger gar werden und nicht anbrennen.

Fig. 908.

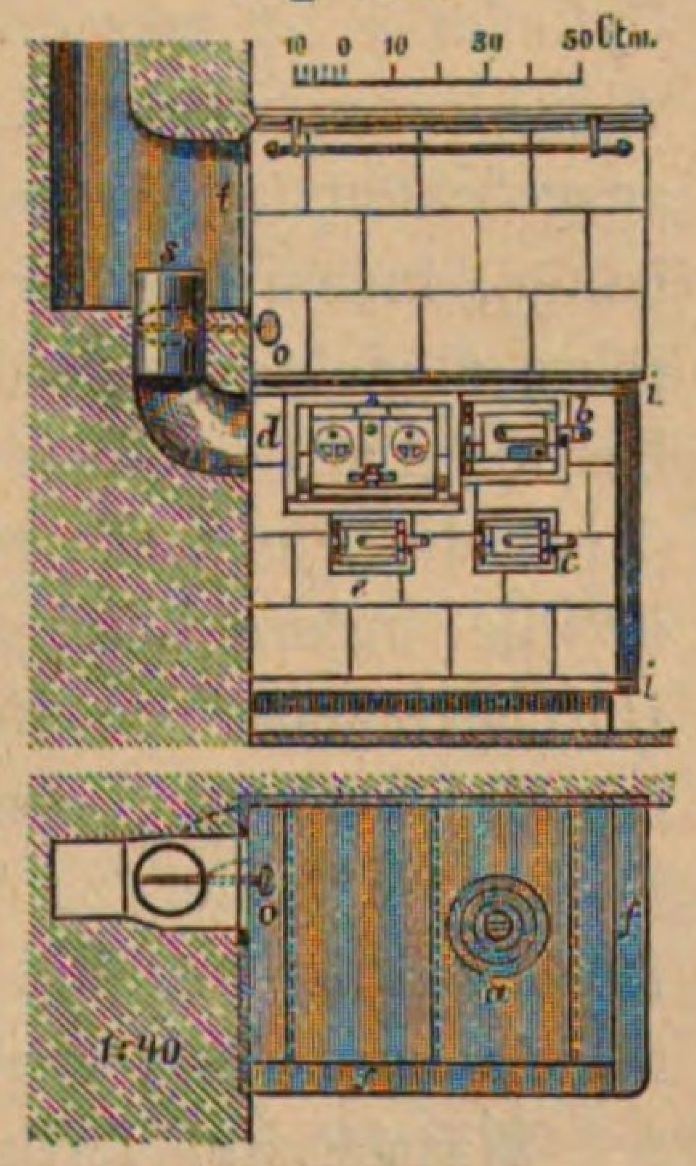


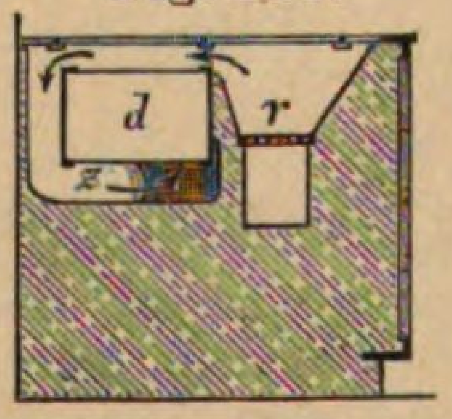
Fig. 908 giebt die Ansicht und den Grundriss eines einfachen Kochherdes der kleinsten Art, der jedoch für den gewöhnlichen Familienbedarf völlig ausreicht. *a* ist das Topfloch, *b* die Heizthür, *c* der Aschenfall, *d* die Brat- und Backröhre, *e* eine Reinigungsthür für die Feuerzüge. Das Topfloch wird auch oft als Heizöffnung gebraucht, so dass dann die Heizthür *b* wegbleiben kann; hierdurch wird zwar die Abkühlung der Verbrennungsgase durch Zutritt kalter Luft in zweckmässiger Weise verhindert, doch ist das Abheben des Topfes zum Zwecke des Nachlegens von Brennmaterial ziemlich unbequem und wird desshalb die Anbringung einer Heizthür zu empfehlen sein. Oben ist der Herd mit Blechstreifen *f* von 3 Millim. Stärke und 65 Millim. Breite eingefasst, zwischen diesen liegen 4 gusseiserne 5 Millim. starke Platten, die mit kleinen Falzen über einander greifen und die eigentliche Kopfplatte bilden. Diese muss desshalb aus mehreren Theilen bestehen, damit sie sich ungehindert ausdehnen und zusammenziehen kann, weil sie sonst werfen und springen würde.

Die Heizthür *b* hat 16 Centim. lichte Breite und 14 Centim. Höhe. Von der Heizthür bis zum Rost ist eine 11 Centim. lange Platte angebracht, worauf das frische Brennmaterial geworfen wird, damit die aus demselben entweichenden Destillationsgase über die glühende Kohlenschicht streichen und verbrennen müssen. Der Rost selbst wird als $1^1/_2$ Centim. starke durchbrochene Platte in einem Stücke gegossen, er hat 20 Centim. Länge und 16 Centim. Breite mit 7 etwa 7 Millim. breiten Spalten und 14 Millim. breiten Stäben, so dass die freie Rostfläche ca. 84 □Centim. beträgt, und die freie zur totalen Rostfläche sich wie ca. 1 : 4 verhält. Nach hinten liegt der Rost etwas höher, er hat vorn 20, hinten 17 Centim. Abstand von der Herdplatte. Die Aschenfall- und die Putzthür *c* und *e* haben je 8 Centim. lichte Höhe und 13 Centim. Breite. Die Bratröhre *d* besteht aus 1 bis 2 Millim. starkem Eisenblech, sie ist 32 Centim. breit, $18^1/_2$ Centim. hoch und 50 Centim. lang. Die Thür der Bratröhre hat 2 Luftscheiben, durch welche die Wärme abströmen kann, wenn die Röhre von oben zu stark erhitzt werden sollte; unten hat die Thür 2 rechtwinklig vorspringende Schenkel, die sich gegen den Rahmen legen und die Thür in der horizontalen Stellung stützen, so dass diese im geöffneten Zustande eine Verlängerung des Bodens der Bratröhre bildet und man die Bratpfanne darauf stellen kann.

Der untere Theil des Herdes wird aus guten Ziegeln in Lehmmörtel aufgemauert und wird dasselbe innen mit Lehm glatt geputzt, aussen mit Kacheln bekleidet und oben und unten je durch ein eisernes Band *i* von 4×40 Millim. Stärke zusammengehalten, während die verticale Kante des Herdes mit einem gebogenen Zinkblechstreifen bekleidet ist. Soweit der Herd reicht, wird auch die Wand oberhalb des Herdes mit Kacheln bekleidet und mit einem profilirten Zinkblechstreifen oben eingefasst, damit diese Wandflächen abgewaschen werden können; hier bringt man meistens auch noch eine horizontale Stange an, zum Aufhängen von Küchengeräthschaften. Die Herdbekleidung besteht auch oft anstatt aus Kacheln, aus Marmorplatten, Schiefer, Serpentin, Kalksteinfliesen und Spiegelglasscheiben, welchen letzteren man jede beliebige Färbung geben kann.

Aus Fig. 909, dem Längenschnitte des Herdes, ist die Führung der Verbrennungsgase ersichtlich; die vom Roste *r* aufsteigenden Gase bespülen durch den 5 Centim. hohen Zugcanal die ganze Herdplatte und die obere Fläche der Bratröhre, wenden sich dann hinter der Bratröhre abwärts und werden von der 3 bis 4 Centim. breiten gemauerten Zunge *z* nach dem vorderen Theil der Bratröhre gelenkt, darauf drehen sie sich um die Zunge *z*, bespülen den hinteren Theil des Bratofens, steigen an demselben empor und strömen durch den 14 Centim. weiten Cylinder *s*, Fig. 908, in den Schornstein. Dieser Cylinder *s* ist wesentlich, denn er enthält eine Drosselklappe, die durch den Schlüssel *o* verschlossen werden kann; schliesst man diese Klappe, nachdem das Feuer im Herde ausgebrannt ist, so kann man Speisen in der Bratröhre vom Mittag bis zum Abend warm halten, indem das Herdmauerwerk die aufgenommene Wärme nach und nach an die Bratröhre abgiebt; ausserdem dient die Drosselklappe aber noch zur Regulirung des Zuges im Herde. Aus dem Mauerwerk des Rauchrohres tritt der Cylinder *s* um etwa 9 Centim. vor, damit die Flugasche sich herum ablagern kann, ohne den Cylinder zu verstopfen. Bei *t* ist die untere Reinigungsthür des Rauchrohres angebracht, die zur Verhinderung des Durchdringens von Rauch aus 2 hinter einander liegenden Blechplatten besteht, welche mittelst Schlüssel und Vorreiber vom Schornsteinfeger verschlossen werden. Grössere Kochherde*) hier zu beschreiben, würde zu viel Raum beanspruchen; der vorstehende Kochherd ist für die Wohnung des Verf. d. W. ausgeführt und kann als sehr zweckmässig empfohlen werden.

Fig. 909.



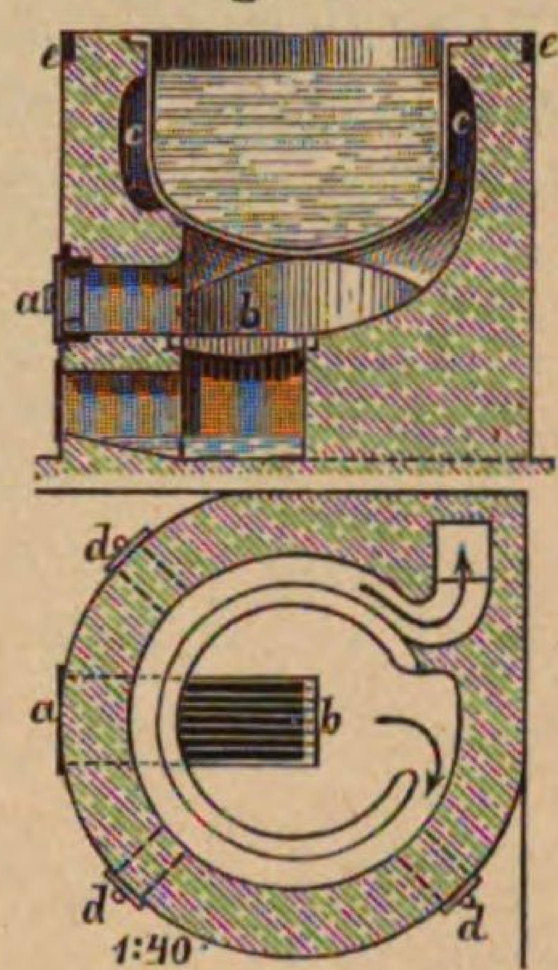
Waschkessel fertigt man am besten aus Kupferblech, da dieses Material die grösste Wärmeleitungsfähigkeit besitzt und nur eine Wandstärke von 1 bis 2 Millim. zu haben braucht; zur Verhinderung der Oxydation des Kupferbleches können derartige Kessel im

*) Durch Zeichnungen erläuterte Artikel über Kochherde findet man in der Deutschen Bauzeitung 1870. S. 65. Auch Baugewerkszeitung 1869.

Innern verzinnt werden. Gusseiserne, in Lehm geformte Waschkessel erhalten mindestens eine Wandstärke von 10 Millim. und sind dieselben zum Schutz gegen Rost inwendig zu emailliren.

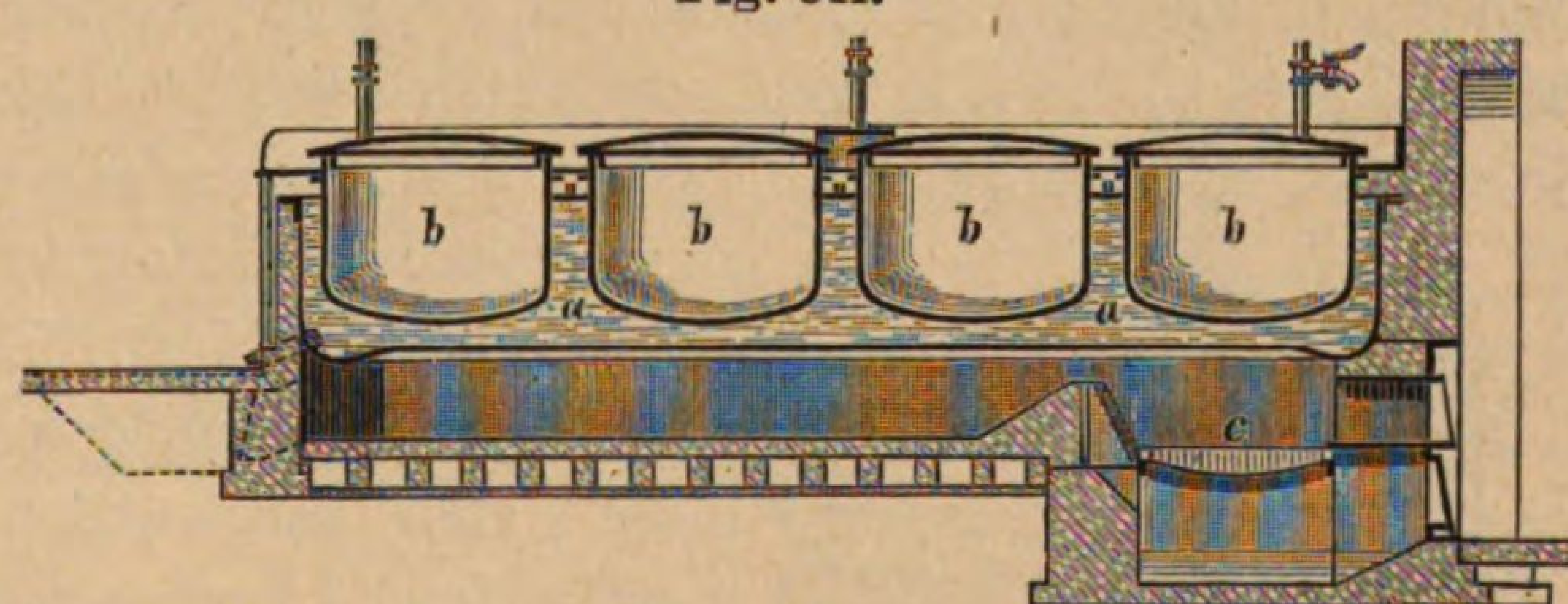
Die Einmauerung der Waschkessel zeigt Fig. 910 im Grundrisse und im Querschnitte, wobei der Kessel in einer Ecke der Waschküche stehend gedacht ist. Das Mauerwerk wird aus Ziegelsteinen in Lehmmörtel aufgeführt; *a* ist die Heizthür, *b* der Rost, dessen freie Fläche etwa 80 bis 100 □Centim. betragen kann; von diesem aus strömen die Verbrennungsgase nach dem hintern Theil des Kessels, wenden sich in der Richtung des Pfeiles, streichen durch den Canal *c*, den obern Theil des Kessels umspülend und treten dann in den Schornstein. Weitere Canäle anzubringen, ist nicht empfehlenswerth, doch ist auch hier die Anbringung eines Cylinders *s*, Fig 908, mit einer Drosselklappe sehr zweckmässig, indem hierdurch die Verbrennung in einfacher Weise regulirt werden kann. Zur Reinigung des um den Kessel führenden Zuges *c* dienen die im Grundrisse angedeuteten 3 Putzklappen *d*; *e* ist ein Ring aus Flacheisen, der das Mauerwerk des Kessels oben zusammenhält, dieser kann 2 bis 3 Millim. stark und 30 bis 40 Millim. breit sein.

Fig. 910.



In den grossen Küchen und Waschküchen öffentlicher Anstalten werden die Kessel zweckmässig mit Dampf*) geheizt, da in solchen Gebäuden zum Wasserpumpen etc. meistens eine kleine Dampfmaschine erforderlich wird, deren Kessel dann auch den zum Heizen nöthigen Dampf mit erzeugt. Steht ein Dampfkessel nicht zur Verfügung, so sind für grosse Küchen, resp. Waschküchen, Kessel nach **Sylvester**'s patentirtem System empfehlenswerth, wie solche von den Ingen. **Rosser** und **Russell** in London ausgeführt werden.

Fig. 911.



Der lange schmale Kessel *a*, Fig. 911, ist ganz mit Wasser gefüllt und oben durch Deckplatten dicht geschlossen, er wird von dem Roste *c*, der mit Schiebethüren nach Fig. 902 versehen ist, geheizt. Zum Kochen der Speisen etc. dienen die Kessel *b*, die von dem Wasser des Kessels *a* umspült und geheizt werden. Soll nun die Flüssigkeit in den Kesseln *b* die Siedehitze erreichen können, so ist nöthig, dass das Wasser im Kessel *a* eine etwas höhere Temperatur hat als 100° C.; um dies zu erreichen, steht der Kessel *a* durch 2 Röhren mit einem 6 bis 8 Meter höher gelegenen Reservoir in Verbindung. Diese Einrichtung bewirkt das Sieden des Wassers in den Kesseln *b* unter dem atmosphärischen Drucke, während das unter dem höheren Drucke stehende Wasser im Kessel *a* noch nicht den Siedepunkt erreicht. Zugleich hat man durch diese Anordnung eine Warmwasserleitung hergestellt, wenn man an dem Steigerohr Abzweigungen anbringt; auch kann man durch Zapfhähne beständig siedendes Wasser aus dem Kessel *a* in die Kessel *b* fliessen lassen. Es ist leicht einzusehen, dass diese Heizeinrichtung, den Einzelfeuerungen gegenüber eine erhebliche Brennmaterialersparniss erzielt und manche Bequemlichkeit gewährt. Hinter dem Roste dieser Feuerung befindet sich eine hohle Feuerbrücke mit einer gusseisernen Vorderwand und einem feinen Spalt an der Krone. Die unter dem Rost durch die Feuerbrücke aufsteigende atmosphärische Luft erhitzt sich an der gusseisernen Platte und verbindet sich oberhalb der Feuerbrücke mit den Verbrennungsgasen, wodurch eine vollkommenere Verbrennung der letzteren bewirkt wird.

*) Dampfkochkessel, Kartoffelsieder und Dampfkochfässer für Wäsche etc., von Herrn Prof. **M. Gropius** mitgetheilt, findet man in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1869. Blatt 13.

§. 127. Centralheizungen.

Wenn gewöhnliche Zimmeröfen und Kamine durch eine Feuerung immer nur einen Raum erwärmen, so kann man auch solche Heizungen construiren, welche durch eine Feuerung von einem Centralpunkte aus ein ganzes Gebäude oder eine Gruppe von Räumen beheizen, wodurch der wesentliche Vortheil erzielt wird, dass man für eine Anzahl von Räumen nur eine einzige meistens im Souterrain gelegene Feuerung zu bedienen braucht, also an Arbeit gespart und Rauch, Russ und Kohlenstaub von den bewohnten Räumen abgehalten wird; ausserdem kann man aber der Centralheizung eine genügend grosse Heizfläche geben, um die Wärme, welche durch den Verbrennungsprocess entwickelt wird, möglichst nutzbar zu machen. Je nach den Mitteln, durch welche die im Centralheizofen entwickelte Wärme in die zu beheizenden Räume geleitet wird, unterscheidet man:

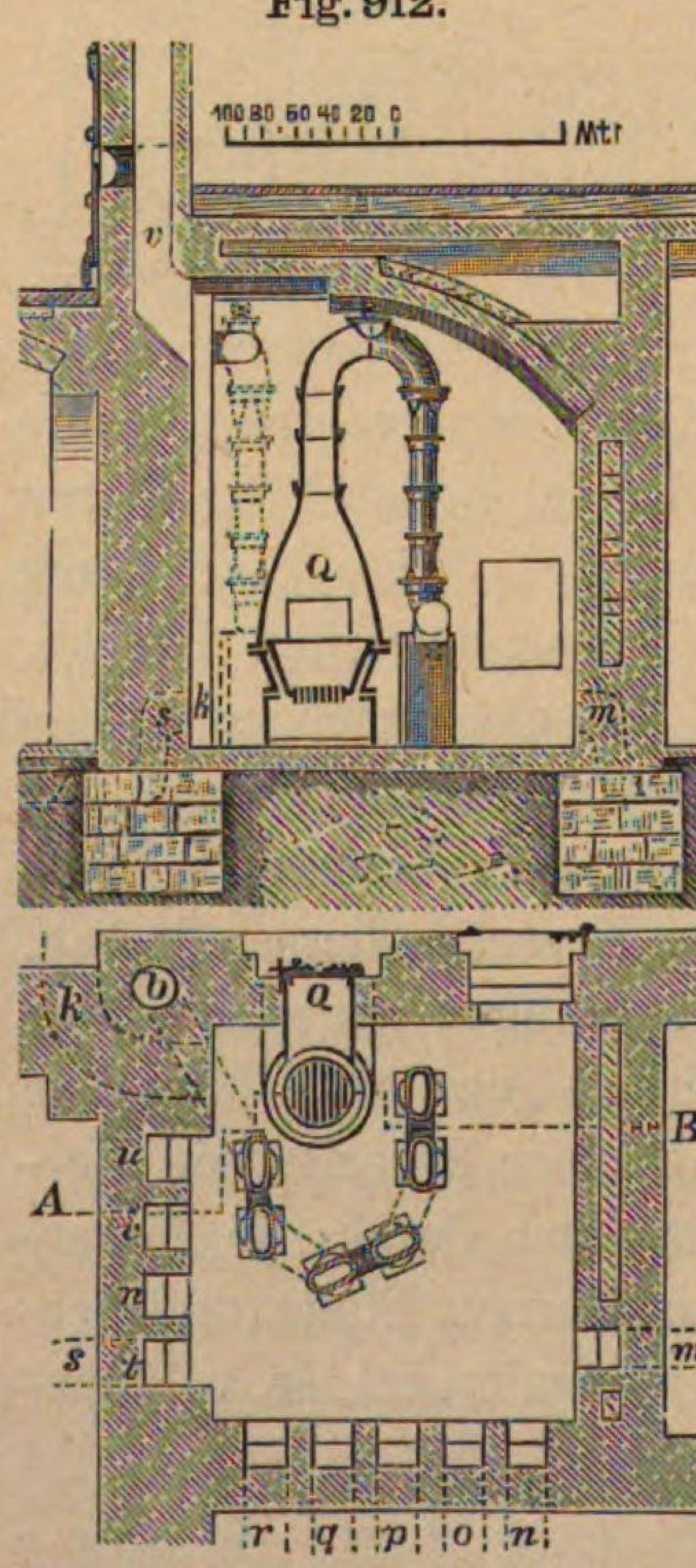
a. die Luftheizung,
b. die Heisswasserheizung,
c. die Warmwasserheizung,
d. die Dampfheizung.

Diese Systeme lassen sich verschiedenartig mit einander combiniren, hierdurch kommen zu den vorhergehenden noch folgende 3 Systeme:

e. Combination der Dampfheizung mit der Wasserheizung,
f. Combination der Dampfheizung mit der Luftheizung,
g. Combination der Wasserheizung mit der Luftheizung.

a. Die **Luftheizung** ist bereits im Prinzip in Fig. 905 und 906 dargestellt, sie besteht bei Centralheizungen darin, dass man in besonderen Heizräumen im Keller eines Gebäudes entsprechend construirte Oefen, sog. **Calorifères**, aufstellt, welchen Heizapparaten die frische Luft durch Canäle unterhalb des Fussbodens zugeführt wird. Diese Luft erwärmt sich an der geheizten Fläche der Calorifère und steigt durch im Mauerwerke ausgesparte Röhren in die zu heizenden Räume. Früher erhitzte man die Luft so stark, dass sie mi 80 bis 100° C. in die Zimmer ausströmte, was jedoch viele Uebelstände herbeiführte; jetzt lässt man die Luft mit einer Temperatur von höchstens 40 bis 50° C. in die zu heizenden Räume eintreten.

Fig. 912.



In horizontaler Richtung lässt sich die erwärmte Luft wegen der eintretenden Abkühlung nicht weit fortleiten, man giebt daher horizontalen Canälen für warme Luft nicht gern über 8 Meter Länge vom Heizofen bis zum aufsteigenden Canal; längere Canäle müssen eine entsprechend starke Steigung erhalten (vergl. S. 460) und auch dann pflegt man diese gering geneigten Canäle nicht über 14 Meter lang zu machen. Es empfiehlt sich daher für ausgedehnte Gebäude mehrere Calorifères aufzustellen, damit die horizontalen Canäle nicht zu lang werden.

Fig. 912 giebt die Einrichtung der Heizkammern von der im **König-Wilhelm-Gymnasium** zu Berlin ausgeführten Luftheizung im Grundrisse und im Schnitte nach *A—B*. Es sind hier 4 Heizkammern von je 2,3 Meter Länge, 2,2 Meter Breite und 2,5 Meter mittlerer Höhe vorhanden. Die frische Luft gelangt durch einen 32 Centim. im Quadrat grossen Canal, der 32 Centim. über dem Pflaster der Höfe mündet, in die Heizkammern, wird hier durch die birnenförmigen gusseisernen Oefen *Q* und deren Heizröhren erwärmt und steigt durch senkrechte 13×26 Centim. weite Röhren, die sämmtlich in den beiden Hauptmittelmauern liegen, nach den zu heizenden Räumen, wo sie im Vestibul 1 Meter, im Directorzimmer 3 Meter über dem Fussboden austritt. Aus den Zimmern wird die abgekühlte Luft durch Röhren von demselben Querschnitte, 63 Centim. über dem Fussboden liegend, nach der Heizkammer zurück-

geführt. Im Allgemeinen sind auf jedes Wärmerohr 2 Röhren zur Zurückführung der abgekühlten Luft nach der Heizkammer angenommen.

Die in Fig. 912 dargestellte Heizkammer liefert durch die 4 Röhren *t*, *u*, *v* und *w* warme Luft nach den zu heizenden Räumen und zwar durch *w* nach der Aula, *v* nach dem Vorsaal, *u* nach dem Directorzimmer, *t* nach dem Vestibul. Die frische Luft tritt bei *k*, die abgekühlte Luft durch die Röhren *s* und *q* aus der Aula, durch *m* und *n* aus dem Vorsaal, durch *o* und *r* aus dem Directorzimmer und durch *p* aus dem Vestibul in die Heizkammer; das Rauchrohr ist mit *b* bezeichnet. Nach der Aula führt von jeder der 4 Heizkammern ein Wärmerohr.

Durch Drosselklappen, die sich an den Ausströmungsöffnungen der Röhren befinden, können einzelne Räume von der Heizung ausgeschlossen werden. Im Ganzen werden bei dieser Heizeinrichtung durch 1 □Meter Wärme abgebender Oberfläche der gusseisernen Oefen und Heizröhren ca. 72 Cubikmeter Luft erwärmt. Auf 100 Cubikmeter zu heizenden Raum haben die Heizkammern durchschnittlich 0,55 Cubikmeter Raum und die in denselben stehenden eisernen Oefen nebst Röhrensystem 1,4 □Meter Wärme abgebende Oberfläche erhalten. Die 4 Stück Heizöfen mit den Röhren kosteten zusammen 1764 Mark.

Ein anderer sehr gebräuchlicher Luftheizofen ist in Fig. 913 im Längenschnitte und in Fig. 914 im Querschnitte dargestellt; der Ofen selbst ist hierbei aus Chamotte gemauert, mit 7 bis 8 Centim. starken Wandungen, und ringsum mit gusseisernen Platten, die unter einander durch Flantschen und Schraubenbolzen verbunden sind, bekleidet. Die Verbrennungsgase streichen von dem Roste *b* über eine Feuerbrücke, werden dann nach unten und darauf aufwärts in die gusseisernen Rohre *k* geleitet, durch welche sie in das Rohr *h* und aus diesem in den Schornstein gelangen. *a* ist der Zuleitungscanal für die frische Luft, welche unterhalb des Ofens in die Heizkammer eintritt und durch die Hindernisse *g* gezwungen wird, dicht an dem Heizofen aufzusteigen, damit sie von diesem erwärmt wird, beim weiteren Emporsteigen umspült die Luft dann noch die Heizröhren und strömt durch entsprechend weite Canäle unterhalb der Decke der Heizkammer in die zu erwärmenden Räume. Die Feuerthür ist mit *d* bezeichnet; *c* ist ein Canal, durch den die verbrauchte Luft aus den Wohnräumen unter den Rost geleitet wird. Auf dem Ofen wird gewöhnlich ein Wasserbecken *e* aufgestellt, welches von den Heizräumen aus gefüllt werden kann; im Falle die Luft in der Heizkammer nicht den erforderlichen Feuchtigkeitsgrad hat, kann man durch Verdampfung des Wassers die Luft genügend anfeuchten. Zur Reinigung der Heizröhren dienen die durch Stöpsel verschliessbaren Oeffnungen *f*; es ist vortheilhaft, dass die Reinigung der Röhren ausserhalb der Heizkammer vorgenommen werden kann, um eine Verunreinigung der Heizkammer durch Russ möglichst zu verhüten. Das Detail der äusseren Rohrverschlüsse zeigt Fig. 915, es sind hier doppelte Stöpsel angebracht, wodurch die Wärmeabgabe nach aussen verhindert wird.

Fig. 913.

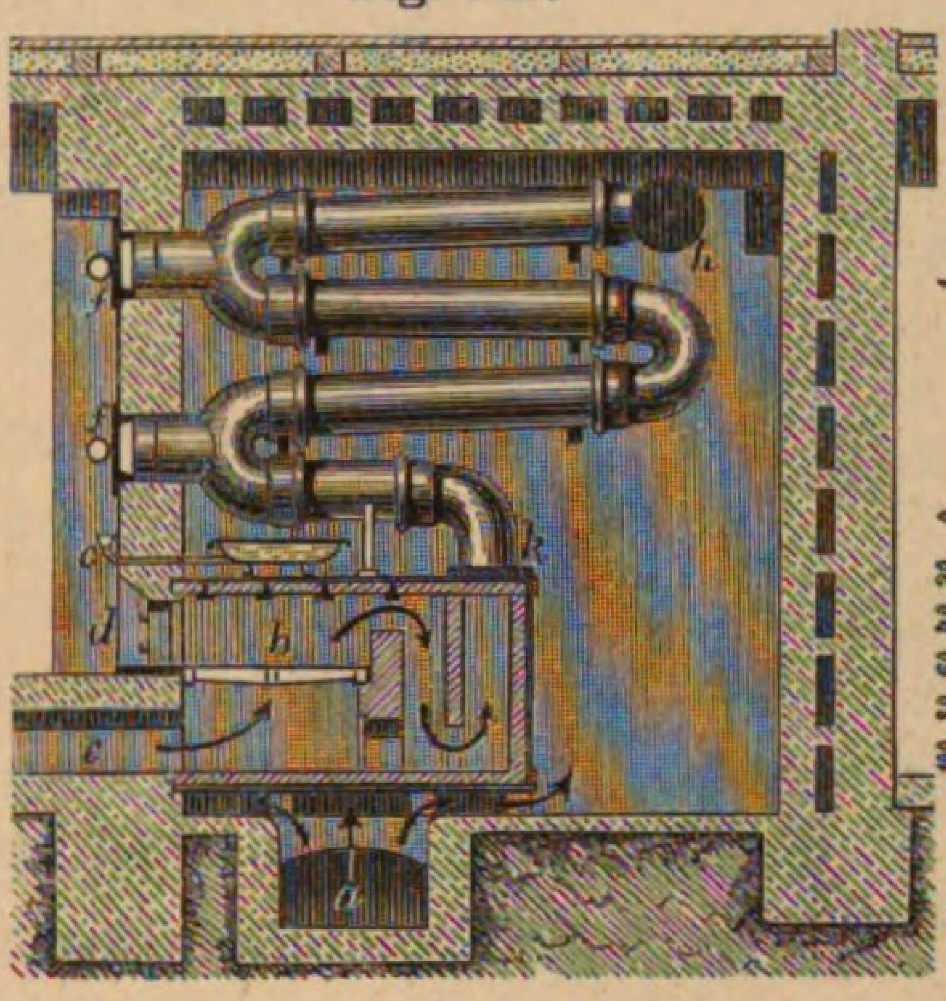


Fig. 914.

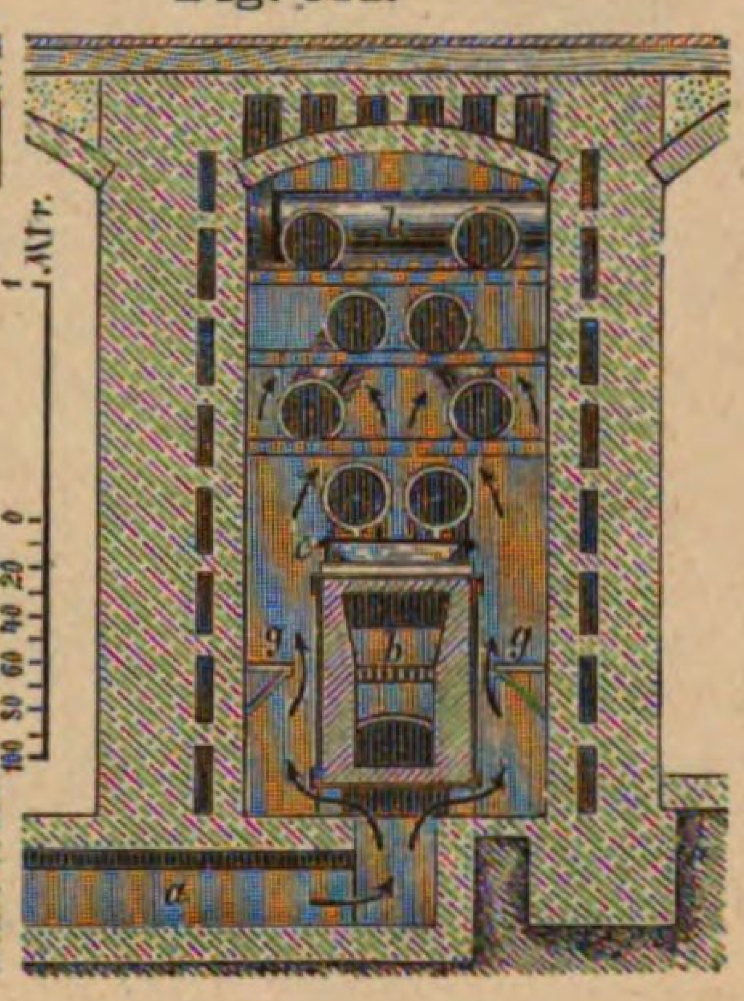


Fig. 915.



Der Ofen Fig. 913 und 914 ist oben mit ⊥-Eisen belegt und mit Chamotteplatten abgedeckt, besser ist es, wenn man denselben oben $^1/_4$ Stein stark einwölbt und das Gewölbe mit gusseisernen Platten abdeckt. Die Heizröhren lassen sich, anstatt oberhalb, zweckmässiger zur Seite des Ofens placiren, so dass die Feuergase **abwärts** geleitet werden, wodurch ein besserer Heizeffect erzielt wird; die Heizkammer erhält dann eine grössere Breite, aber auch geringere Höhe, so dass

die Leitungscanäle für die warme Luft leichter angebracht werden können. Gewöhnlich werden die Heizröhren auf hochkantig gestellte Flacheisen gelagert, da sich aber die Röhren durch die Wärme ausdehnen, so müssen sie sich auch leicht auf den Lagern verschieben können, was in zweckmässiger Weise durch die in Fig. 916 angedeuteten Frictionsrollen erreicht wird, deren Lager aus Gusseisen bestehen und einfach auf die Flacheisen aufgelegt werden.

Fig. 916.

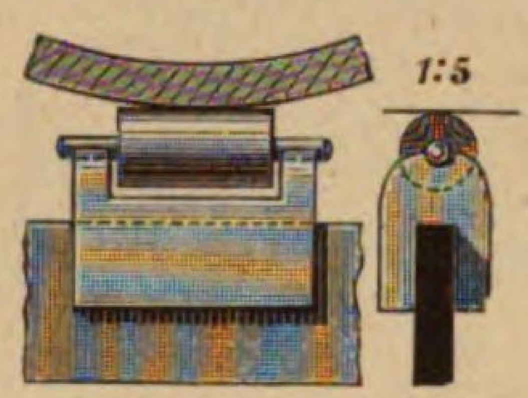
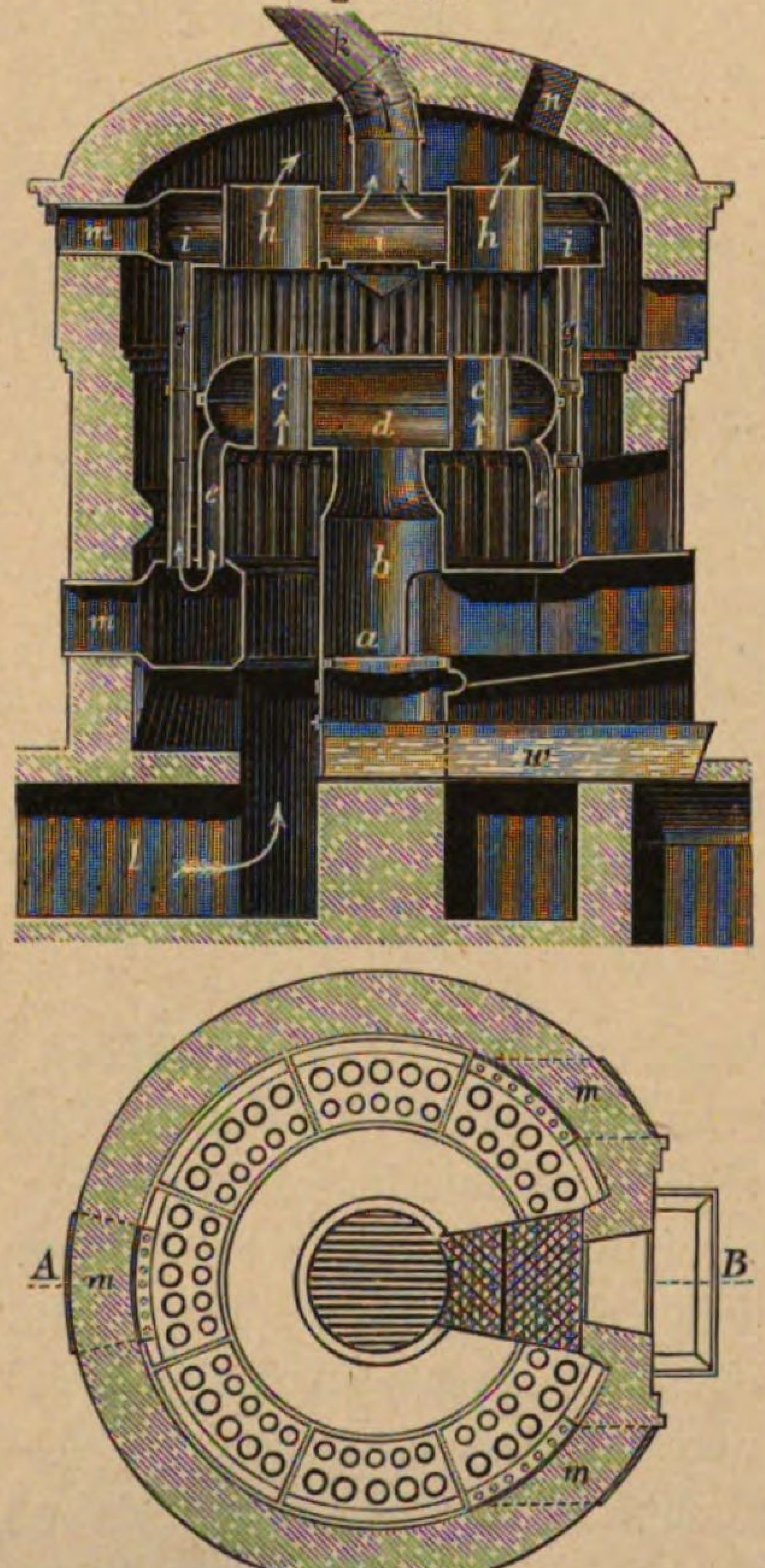


Fig. 917 zeigt eine Calorifère von den Fabrikanten **Boyer und Co.** in Ludwigshafen im Grundrisse und im Schnitte nach $A-B$. Die auf dem Roste a erzeugten Verbrennungsgase strömen durch den Feuerraum b in den von einer Anzahl Luftröhren c durchbohrten Koffer d, gelangen von diesem durch die Rohre e abwärts in einen hufeisenförmigen Koffer, steigen von diesem durch die Röhren g in den ebenfalls von Luftröhren h durchbrochenen Koffer i und von diesem in den Schornstein k. Durch den Canal l wird frische Luft zur Heizkammer zugeführt, die sich an der Oberfläche des Feuerraumes b, sowie an der Oberfläche der Röhren e und g erwärmt und durch die Luftröhren c und h in den durch einen gemauerten Mantel gebildeten oberen Raum der Heizkammer und von hier durch passende Canäle n in die zu heizenden Räume abströmt. Das Prinzip dieser Anordnung ist Theilung der Wege der Verbrennungsgase, Vergrösserung der heizenden Oberfläche und somit möglichste Vertheilung der heissen Gase auf einen grossen Wärme abgebenden Körper, um grosse Erhitzung einzelner Theile der Heizoberfläche und ein etwaiges Versengen der Sonnenstäubchen in der zu erwärmenden Luft zu vermeiden. Oeffnungen zum Reinigen der Koffer sind bei m angebracht. Die vielen Röhrenverbindungen dieses Apparates dürften leicht Veranlassung geben, dass die durchströmende frische Luft mit Rauch geschwängert wird, auch ist die Reinigung des Apparates mit Schwierigkeiten verbunden.

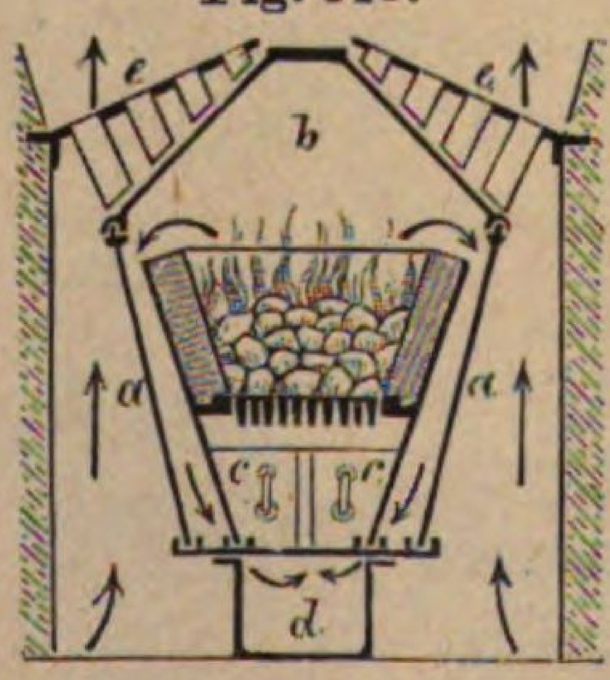
Fig. 917.



Nach demselben Prinzip wie Fig. 917 sind auch die Calorifères von **Heckmann und Comp.***) in Mainz construirt; hierbei erhalten die gusseisernen Wandungen des Feuerraumes und die Hauptröhren aussen eine Menge schmaler Rippen mit schneidenartiger Zuschärfung, wodurch die Wärmeabgabe der Heizfläche wesentlich befördert werden soll, denn man hat öfter beobachtet, dass unebene rauhe gusseiserne Platten die Wärme besser abgeben als glatte Platten.

Der in Fig. 918 im Verticalschnitte dargestellte Luftheizofen hat den Vortheil, dass er einen sehr kleinen Raum in Anspruch nimmt. Die schräg gestellten Seitenplatten a stehen in den Falzen der Bodenplatte und greifen oben in die Falzen des Deckels b, wo sie mit Lehm dicht verstrichen sind. Der mit Chamotte ausgefütterte Feuerraum steht ebenfalls in Falzen der Bodenplatte des Ofens und die Verbrennungsgase strömen zwischen dem Feuerraum und den Seitenplatten a abwärts in den Rauchcanal d; die Asche fällt in den Behälter c. In den 4 schrägen Platten e befinden sich viele kurze Röhren, die vom Ofendeckel b

Fig. 918.



*) Dargestellt in der Deutschen Bauzeitung 1870. S. 387.

erhitzt werden; durch diese Röhren strömt die von unten aufsteigende frische Luft; dieselbe hat sich bereits an den Wandungen *a* erwärmt und muss, bevor sie in die Röhren der Platten *e* gelangen kann, dicht über den Ofendeckel *b* streichen, wo sie vollends erhitzt wird, nach oben abströmt und durch Canäle in die zu erwärmenden Räume geleitet wird.

Ein Luftheizofen von den Civilingenieuren Herren **Fischer und Stiehl** in Essen ist in Fig. 919 und 921 dargestellt; Fig. 919 ist ein Schnitt nach der Linie *A—B*, Fig. 920 ein solcher nach der Linie *C—D*. Die Feuerbüchse dieser Calorifère ist aus Chamottesteinen gemauert und strömen die auf dem Roste *a* erzeugten Verbrennungsgase durch die gitterartig gemauerten Oeffnungen *b*, um die dahinter befindlichen gusseisernen Röhren zu umspülen und zu erhitzen; hierauf streichen die Verbrennungsgase durch den Fuchs *c* in den Schornstein. Zur Verhinderung eines etwaigen Glühens der gusseisernen Röhren sind die gitterartigen Oeffnungen *b*, Fig. 921 so gebildet, dass die Feuergase nicht stichflammenartig gegen die Röhren schlagen, sondern in die Zwischenräume zwischen 2 Röhrenreihen strömen.

Fig. 919.

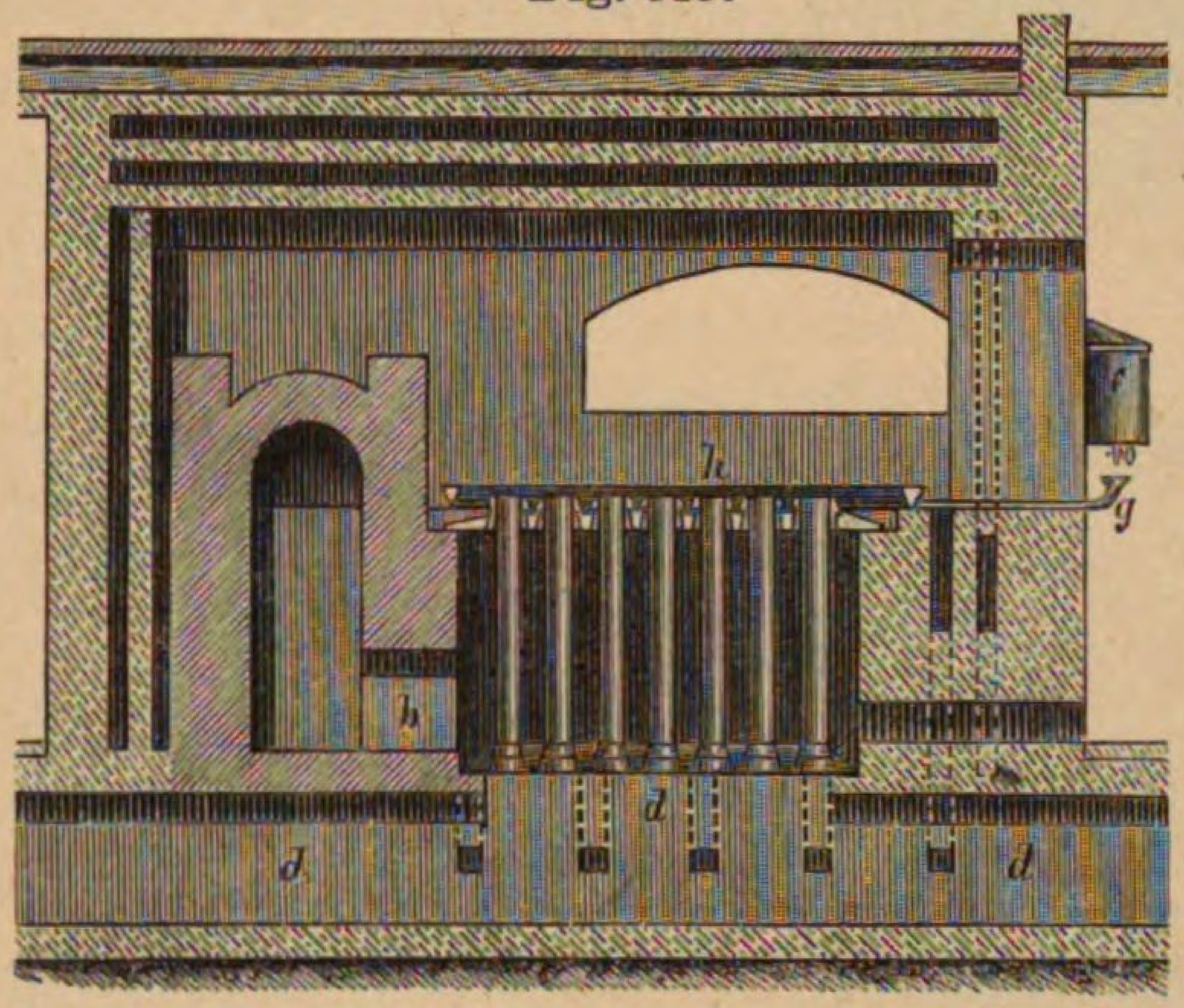


Fig. 920.

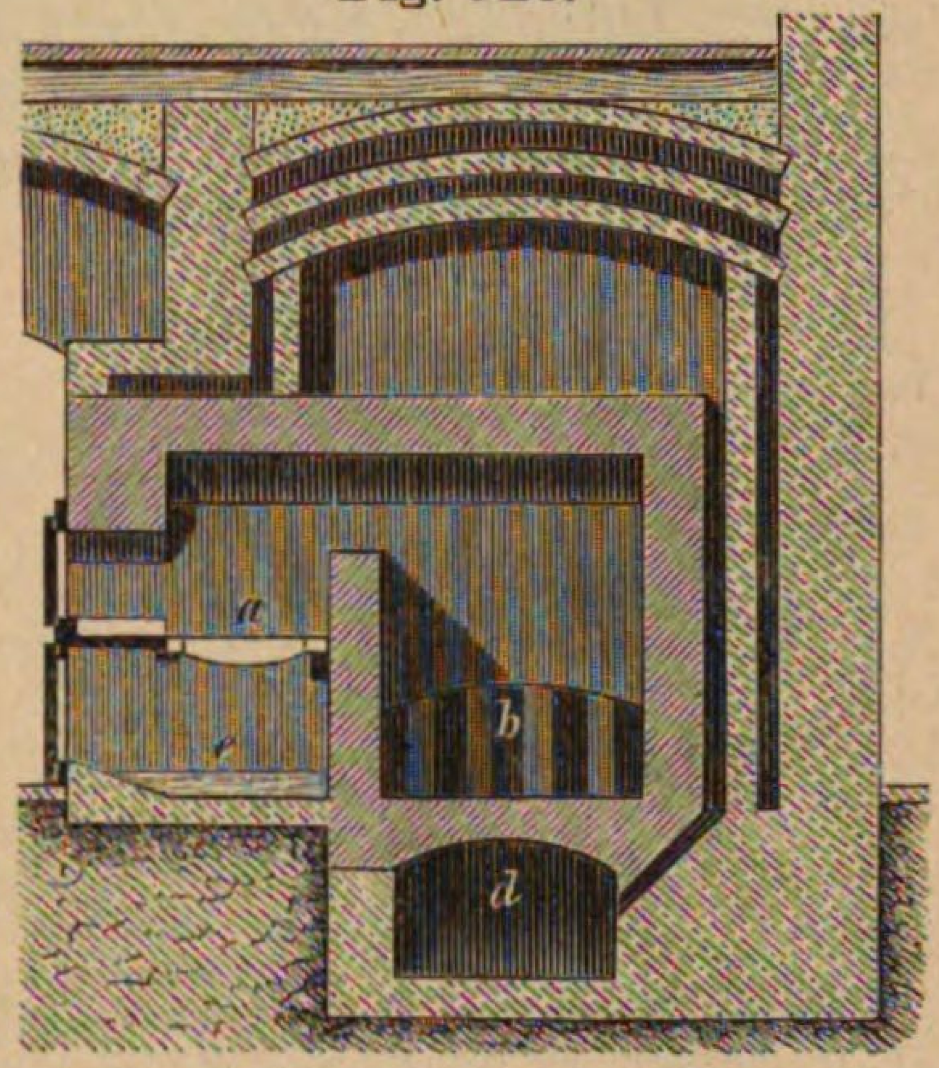
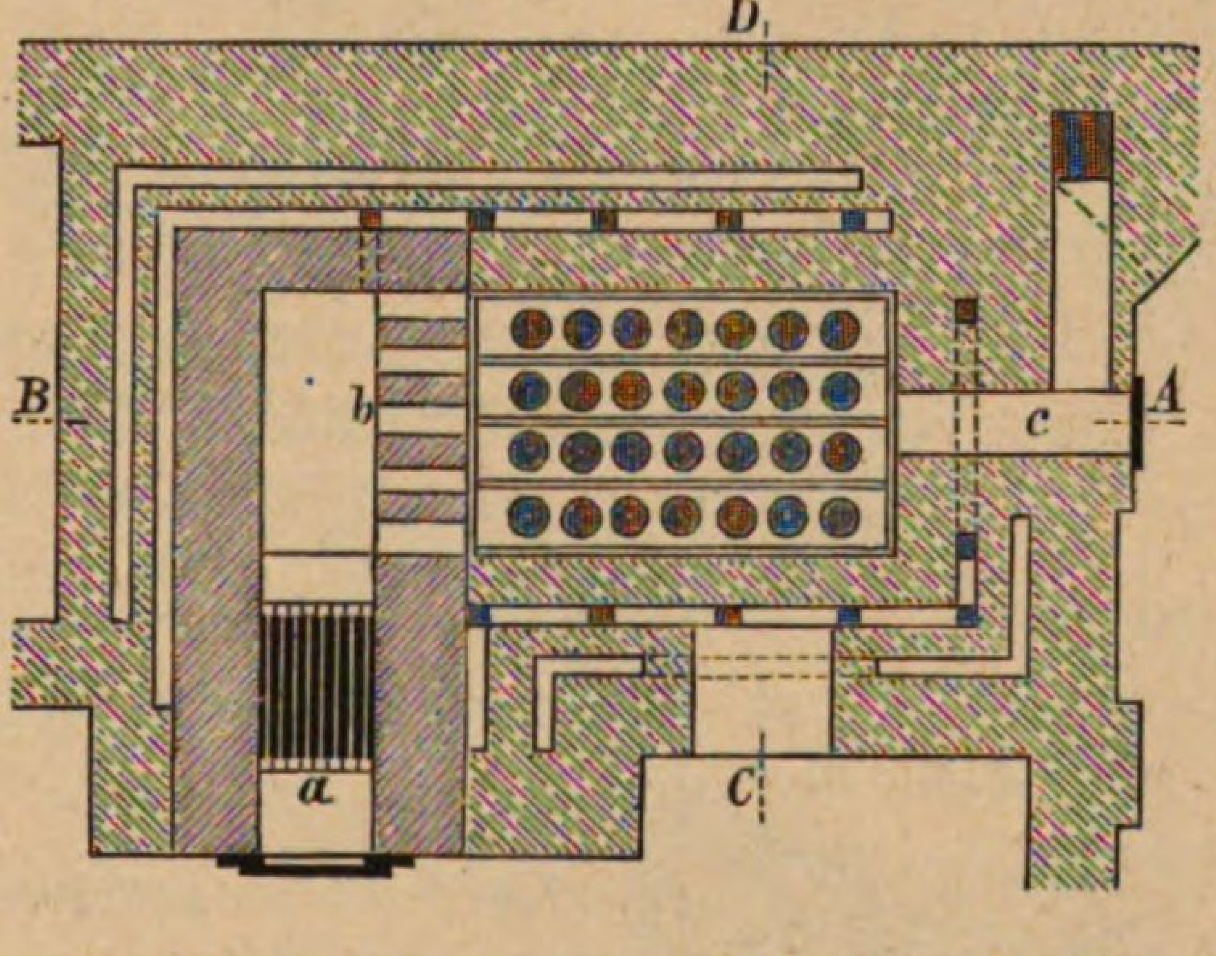
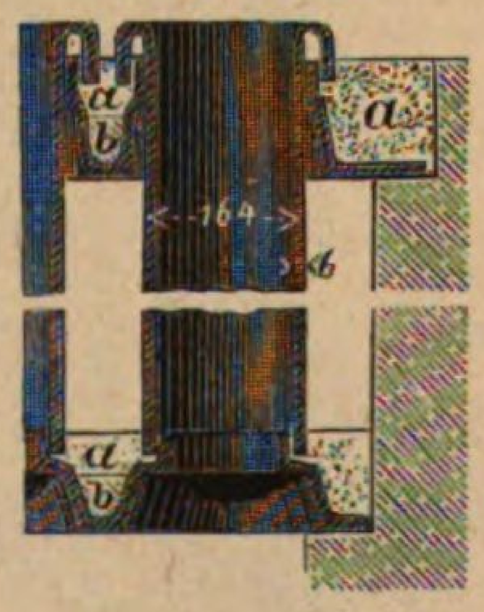


Fig. 921.



Der Kaltluftcanal *d*, unter dem Fussboden des Kellers liegend, ist von 2 entgegengesetzten Seiten des Gebäudes zugeführt, damit der Wind möglichst wenig Einfluss auf die Luftzuströmung ausüben kann, indem man das nach der Windrichtung liegende Canalstück durch einen Schieber absperrt. Aus dem Kaltluftcanal *d* steigt die zu erwärmende Luft durch 16,4 Centim. weite, 1,04 Meter lange gusseiserne Röhren, an deren Wandungen sie sich erhitzt, in den oberen Theil der Heizkammer, von wo sie durch einen weiten Canal in die zu erwärmenden Räume mit einer Temperatur von ca. 40° C. abströmt.

Fig. 922.



Die eisernen Röhren ruhen nach Fig. 922 auf gusseisernen Trägern, deren Oeffnungen zum Durchlassen der kalten Luft mit 26 Millim. hohen Rändern versehen sind. Beim Einlegen der Träger wird die zwischen je 2 derselben befindliche Fuge *b* mit Chamottemörtel gedichtet, worauf man den übrigen Raum *a* bis zur Höhe der Umfassungsleiste mit gewaschenem Sande ausfüllt, welche Sandschicht die Dichtung der Röhren bildet. In dieser Dichtung können die Röhren sich unter Einwirkung verschieden hoher Temperaturen völlig frei bewegen und etwaige Auswechselungen von Röhren sind in sehr einfacher Weise auszuführen, da die Heizkammer durch eine besondere Thür bequem zugängig ist. Ueberhaupt liegt kein Theil dieser Calorifère versteckt oder unübersehbar, was sicher ein grosser Vorzug dieser Construction ist. Der massiv gemauerte Feuerraum ist ebenfalls vortheilhaft, weil eine grosse Wärmemenge in dem Mauerwerke aufgespeichert wird, so dass die Calorifère noch lange nachwärmt, wenn das Feuer bereits erloschen ist. Auch der kurze Weg, den die Ver-

brennungsgase bis zum Eintritt in den Schornstein zurücklegen, ist für die Ausnutzung des Brennmaterials nicht nachtheilig, indem die Feuerluft sich zwischen den Heizröhren genügend ausbreiten kann und nicht mehr Luft aus dem Schornstein entweicht, als durch die luftdicht verschliessbare Aschenfallthür zum Roste zugeleitet wird. Der Querschnitt des Kaltluftcanals beträgt bei dieser Calorifère $^1/_{25}$ und die Rostfläche $^1/_{100}$ der Heizfläche.

Zur etwaigen Anfeuchtung der erwärmten Luft dient das ausserhalb der Heizkammer angebrachte Wassergefäss *f*, Fig. 919, woraus Wasser in den Trichter *g* tropfen kann, durch den es mittelst eines engen Rohres in die oben offene Rinne *h* nach dem Innern der Heizkammer fliesst und hier verdampft.

Nach ähnlichen Prinzipien wie der vorstehend beschriebene Ofen ist auch die Calorifère im Hause der **Gesellschaft der Civilingenieure** zu Paris *) construirt; dieselbe ist in Fig. 923—925 dargestellt. Jedenfalls gehört dieser Luftheizofen zu den besten Apparaten dieser Art, denn er ist ein sehr rationell construirter **Gegenstrom-Apparat**, d. h. die zu erwärmende Luft wird nach einer Richtung in den Apparat eingeleitet, die jener der heissen Feuergase entgegengesetzt ist, wodurch die Heizkraft des Brennstoffes am besten ausgenutzt wird. Fig. 923 giebt den Grundriss und den Längenschnitt der Calorifère, Fig. 924 einen Querschnitt durch den Feuerraum und Fig. 925 einen Querschnitt in der Mitte des Kaltluftcanals. Die Röhren, durch welche die kalte Luft in der Richtung von unten nach oben strömt, sind aus Chamotte hergestellt, weil nach den S. 457 erwähnten Entdeckungen gusseiserne Röhren im glühenden Zustande sich für Kohlenoxydgas nicht undurchdringlich zeigten. In der angegebenen Quelle ist bemerkt, dass die Querschnitte der Leitungscanäle für die warme Luft einer Luftgeschwindigkeit von nur 0,4 Meter pro Secunde entsprechend bemessen sind.

Fig. 923.

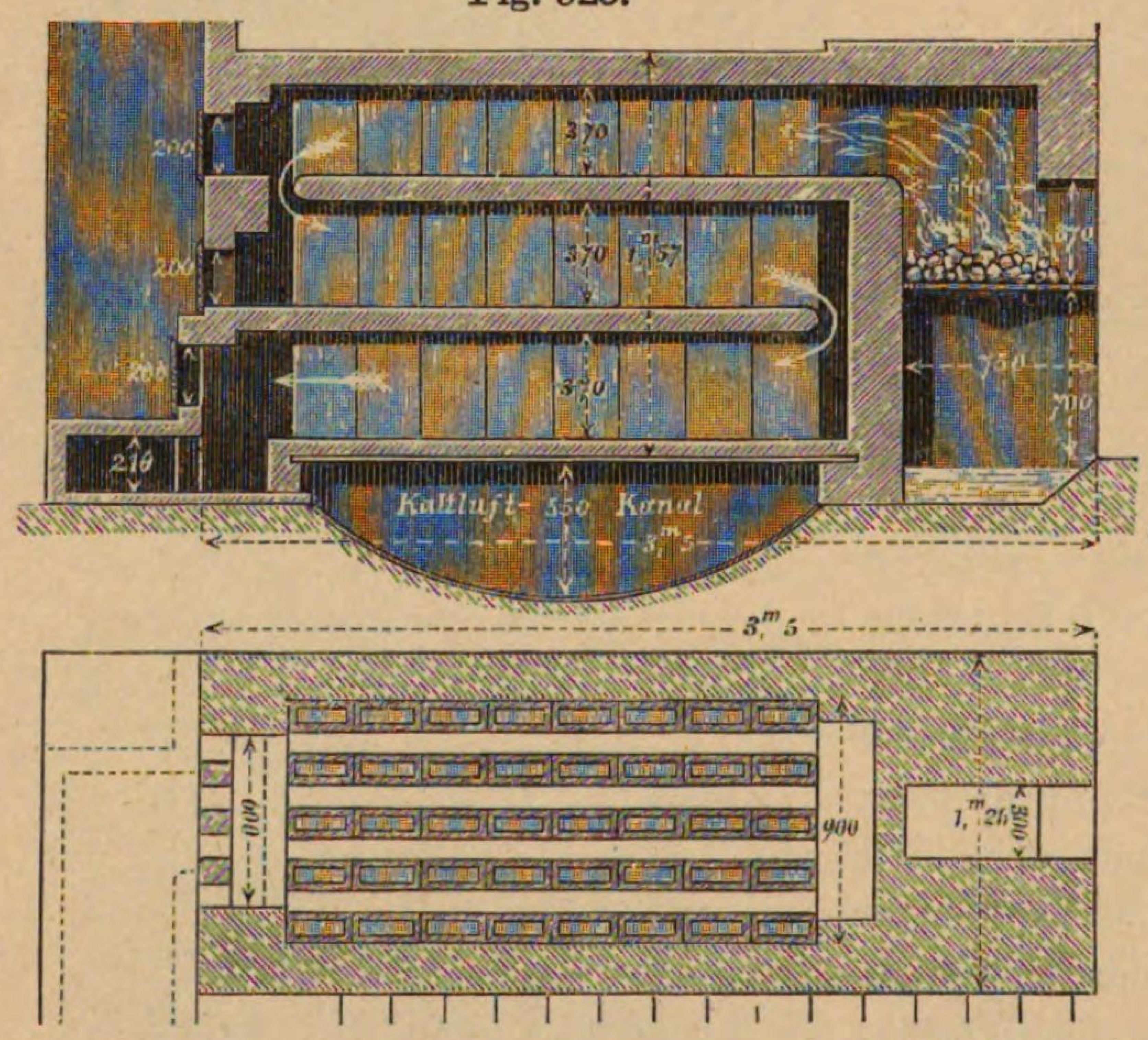


Fig. 924.

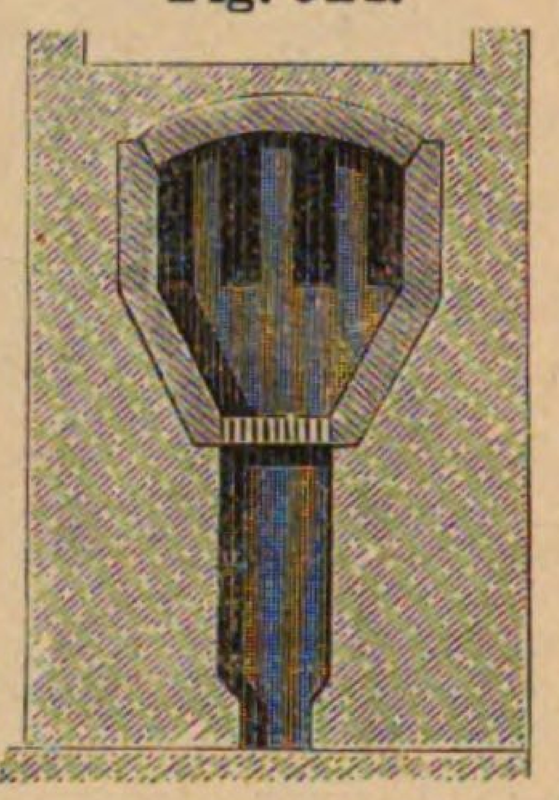
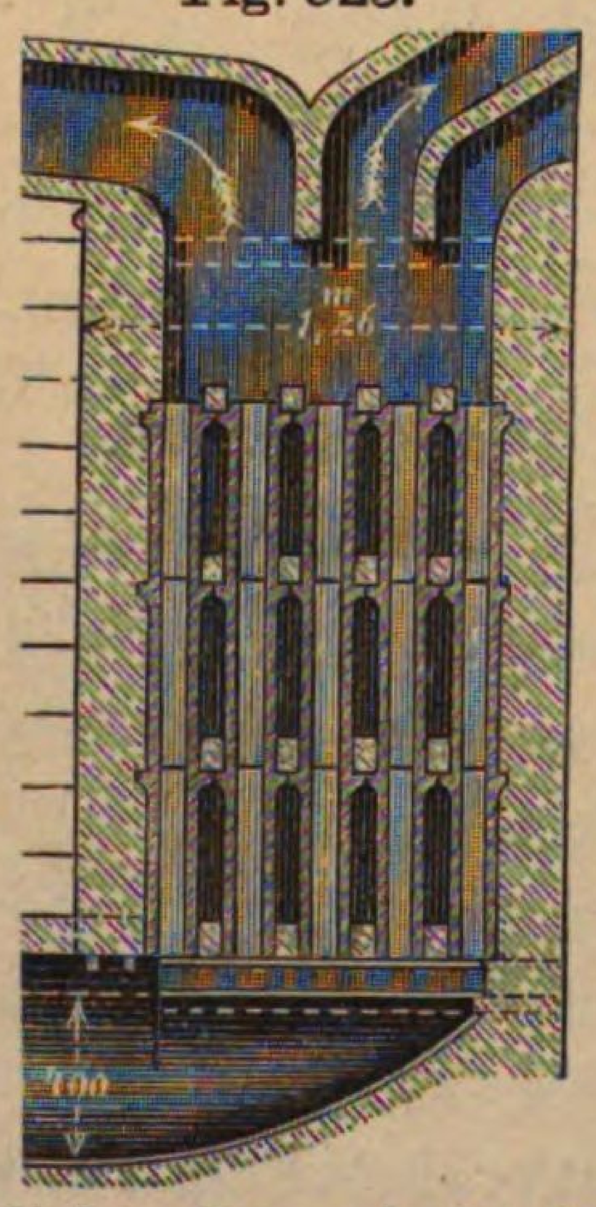


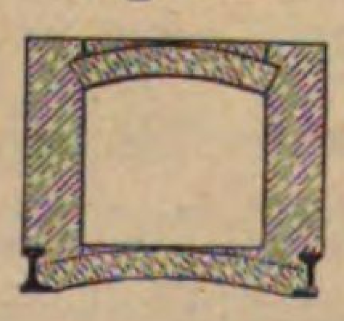
Fig. 925.



Die Kosten der Calorifère betrugen 1500 Fr. = 1200 Mark. Mit den Canälen, den Röhren und den Canalverschlüssen kostete die Calorifère 3250 Fr. = 2600 Mark.

Horizontale Leitungscanäle für die warme Luft von den Luftheizröhren müssen in der Regel unter den Kellergewölben angelegt werden; man kann diese Canäle dann am zweckmässigsten in der Weise ausführen, wie es der Querschnitt Fig. 926 andeutet, wobei alte Eisenbahnschienen als Träger der Canäle dienen können. Inwendig sind die Canäle möglichst glatt mit Cement zu verputzen, damit die Luft an den Canalwandungen nur geringen Reibungswiderstand findet. Der lichte Querschnitt der Canäle ist so zu bemessen, dass die Geschwindigkeit der Luft 2 bis 3 Meter pro Secunde nicht überschreitet.

Fig. 926.



Den Calorifères giebt man eine Heizfläche, oder eine von den Verbrennungsgasen

*) Vergl. *Nouvelles Annales de la Construction* 1873.

berührte Fläche, wenn die Heizröhren aus Gusseisen bestehen, pro 100 Cubikmeter zu heizenden Raum = 1,4 bis 2,5 □Meter, im Mittel = 2 □Meter und eine Rostfläche = 0,15 bis 0,3□Meter. Bestehen die Heizröhren der Calorifère aus Chamotte, so muss eine entsprechend grössere Heizfläche (vergl. Formel [302]) angenommen werden. Die Beheizung eines Gebäudes oder Raumes ist sehr abhängig von der Lage und von der Beschaffenheit der Umfassungswände, ferner davon, ob einfache oder Doppelfenster vorhanden und ob die Wände und Fenster den kalten Winden ausgesetzt sind. Doppelfenster und hohle, mit einer eingeschlossenen Luftschicht ausgeführte Umfassungswände sind für die Beheizung eines Gebäudes sehr vortheilhaft.

Die erwärmte Luft lässt man entweder durch Oeffnungen im Fussboden oder besser durch Wandöffnungen unterhalb der Decke in den zu heizenden Raum einströmen; im letzteren Falle sinkt die warme Luft, durch Abkühlung schwerer werdend, in den Raum nieder und wird die verdorbene Luft dann gewöhnlich durch Ventilationsöffnungen in der Nähe des Fussbodens aus dem Raume abgeführt. Zur Verdeckung der Ausströmungsöffnungen wendet man entweder durchbrochene Friese, etwa wie in Fig. 927 dargestellt, an, oder man giebt den Ausströmungsöffnungen eine quadratische oder kreisrunde Form und verdeckt die Oeffnung durch eine Füllung oder Rosette aus Gusseisen, Zinkguss, Bronze etc. Eine derartige quadratische Füllung ist in Fig. 928, eine Rosette in Fig. 929 dargestellt. Die Geschwindigkeit der einströmenden warmen Luft darf 1 Meter pro Secunde nicht überschreiten, wenn sie nicht unangenehm fühlbar werden soll.

Fig. 927.

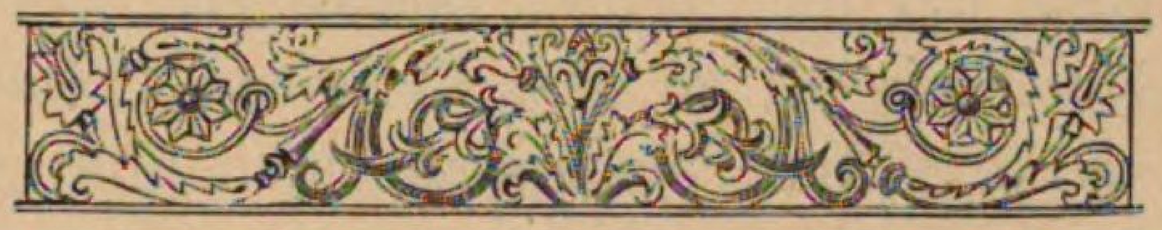
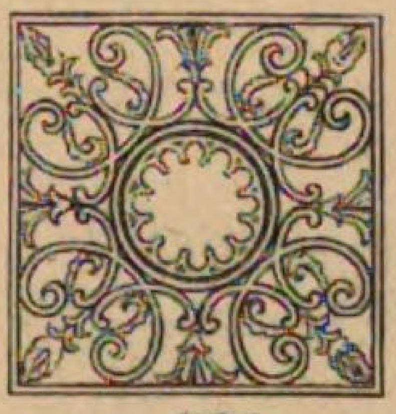
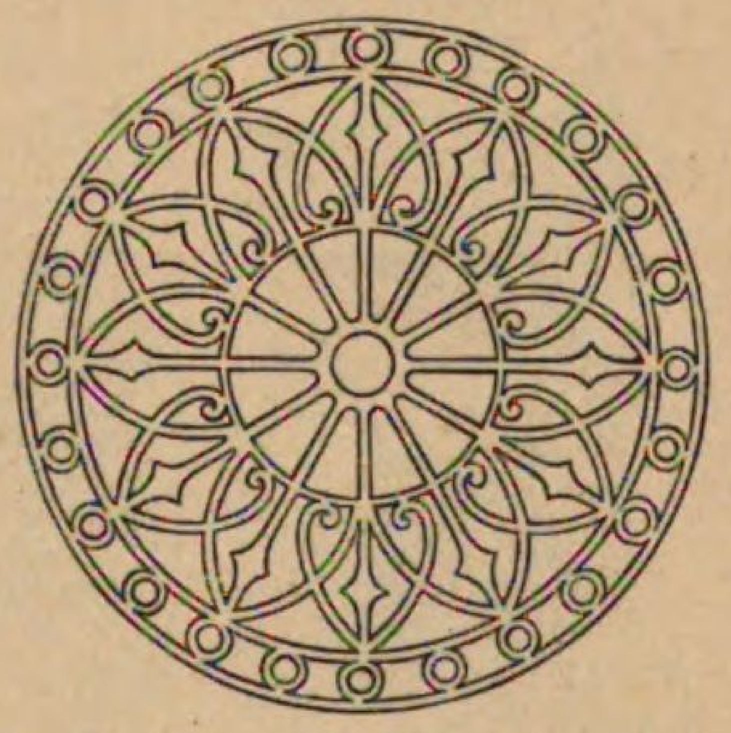


Fig. 928.



1:25

Fig. 929.



Eine Luftheizungseinrichtung im **Empfangsgebäude** des Niederschlesisch-Märkischen Bahnhofes zu Berlin mit Calorifères von **Heckmann und Co.** in Mainz kostete bei einem zu heizenden Gesammtraum von 17130 Cubikmeter 16494 Mark, oder durchschnittlich pro 100 Kubikmeter zu erwärmenden Raum rot. 96 Mark. Für die auf 20° C. zu erwärmenden Bureauräume kostete die Einrichtung pro 100 Cubikmeter Raum 189 Mark, für die auf dieselbe Temperatur erwärmten Wartesäle 112 Mark und für die auf eine mittlere, zwischen der innern und äussern Temperatur zu erwärmenden Vorräume 68 Mark. In der **Annen-Realschule** zu Dresden ist von dem Ingenieur **Kelling** daselbst eine Luftheizung mit Ventilation eingerichtet, die bei 6140 Cubikmeter zu heizenden Raum 22500 Mark, oder pro 100 Cubikmeter Raum rot. 370 Mark kostete; ab Fabrik berechnet derselbe Fabrikant die Heizeinrichtungen allein mit ca. 200 Mark pro 100 Cubikmeter zu heizenden Raum. In dem **geburtshülflich-klinischen Gebäude** zu Königsberg in Pr. werden von einer Luftheizung 5600 Cubikmeter Raum erwärmt; die Heizeinrichtung kostete 16800 Mark, daher betrugen die Kosten pro 100 Cubikmeter Raum 300 Mark, mit den Ventilationseinrichtungen aber 450 Mark.

b. Die **Heisswasserheizung***) wurde vor ca. 50 Jahren dem Ingenieur **Perkins** in England patentirt und fand dort bald eine ausgebreitete Anwendung, während sie in Deutschland erst seit etwa 20 Jahren eingeführt ist. Sie besteht aus einem mit Wasser gefüllten in sich abgeschlossenen Rohrsystem, welches von dem Heizofen im Keller eines Gebäudes aus durch die Räume der höher gelegenen Stockwerke geführt und dann wieder nach dem Heizofen zurückgeleitet wird. Indem man das Wasser im tiefsten Punkte des Circulationsrohres erhitzt, wird es specifisch leichter und steigt in dem Rohre empor, wobei die Rohrwandungen einen Theil der vom Wasser aufgenommenen Wärme an die zu heizenden

*) Heisswasserheizungsanlagen findet man beschrieben und durch Zeichnungen erläutert in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1869 S. 178; ferner in der Deutschen Bauzeitung 1870 S. 17 und in der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover 1870. S. 172.

Räume abgeben, so dass die im Rohre enthaltene Wassermasse wieder abgekühlt und specifisch schwerer wird, folglich vom höchsten Punkte der Leitung durch das Rücklaufrohr wieder in den Heizofen zurück sinkt, um aufs Neue erwärmt zu werden.

Anfangs erhitzte man das Wasser im Rohrsystem so stark, dass ein Ueberdruck von 80 bis 140 Kilogr. pro □Centim., also durchschnittlich eine Spannung von 100 Atm. erzeugt wurde; die Heizung wird in diesem Falle eine **Hochdruck-Heizung** genannt. Jetzt ist man nach und nach bis auf einen Ueberdruck von höchstens 8 Kilogr. pro □Centim., also bis auf 7 bis 8 Atm. Spannung herunter gegangen und nennt eine derartige Heisswasserheizung eine **Mitteldruck-Heizung,** während die Warmwasserheizung eine **Niederdruck-Heizung** genannt wird. Der Ueberdruck von ca. 8 Kilogr. pro □Centim. entspricht einer Erhitzung des Wassers von 170 bis 175° C.; die Temperatur des rückläufigen Wassers ist etwa 90 bis 100° C., aus welcher Temperatur-Differenz eine so starke treibende Kraft resultirt, dass man das Rohrsystem selbst bei einer geringen Steigung von nur 2 bis 3 Meter auf mehr als 100 Meter horizontal fortleiten kann; übrigens wird das Wasser bei manchen Mitteldruckheizungen auch nur bis 120° C. erwärmt. Die schmiedeeisernen gezogenen Rohre haben stets nur die geringe Stärke von 21 bis 23 Millim. innern und 33 bis 34 Millim. äussern Durchmesser, so dass dieselben überall mit Leichtigkeit in den Fussboden oder in mässig starke Wände einzulassen sind und man mit denselben ohne Schwierigkeit bei Thür- und Fensteröffnungen vorbei passiren kann, auch lassen sich des gleichmässigen Durchmessers der Rohre wegen etwaige Reparaturen leicht und rasch ausführen, ebenso kann diese Heizung auch in alten Gebäuden ohne grosse Kosten angebracht werden.

Der mit Chamottesteinen ausgefütterte Ofen, worin das Wasser des Röhrensystems erhitzt wird, ist in Fig. 930 im Querschnitte, in Fig. 931 im Längenschnitte und in Fig. 932 im Grundrisse in $^1/_{50}$ der wirklichen Grösse dargestellt. Von dem Roste *a* strömen die Feuergase über die Feuerbrücken *b* gegen die Spiralen je eines Röhrensystems, dann fallen die Gase **abwärts** durch die Canäle *f* in den Rauchabzugscanal *e*, von wo sie in den Schornstein gelangen. Die Canäle *f* sind mittelst der Handgriffe *g* durch Drosselklappen verschliessbar, so dass einzelne Heizsysteme von der Feuerung ausgeschlossen werden können. Gewöhnlich dient eine Feuerung zur Heizung von 2 Röhrensystemen und kann eine beliebige Anzahl solcher Heizsysteme neben einander angelegt werden, die dann alle einen gemeinschaftlichen Rauchcanal *e* haben. Die Röhrenspiralen ruhen auf den eisernen Trägern *c* und findet die Wassercirculation in den Spiralen in der Richtung der Pfeile, Fig. 932, statt, so dass das erhitzte Wasser oben aus der Spirale ausströmt, das erkaltete Wasser dagegen unten zuströmt. Grosse Ausdehnung der Leitung hat bei diesem Heizsystem den Nachtheil, dass die ganze Leitung ausser Thätigkeit gesetzt werden muss, sobald an einem Punkte Reparaturen erforderlich werden, aus diesem Grunde ist die Anwendung mehrerer kleinerer Systeme zweckmässig.

Fig. 930.

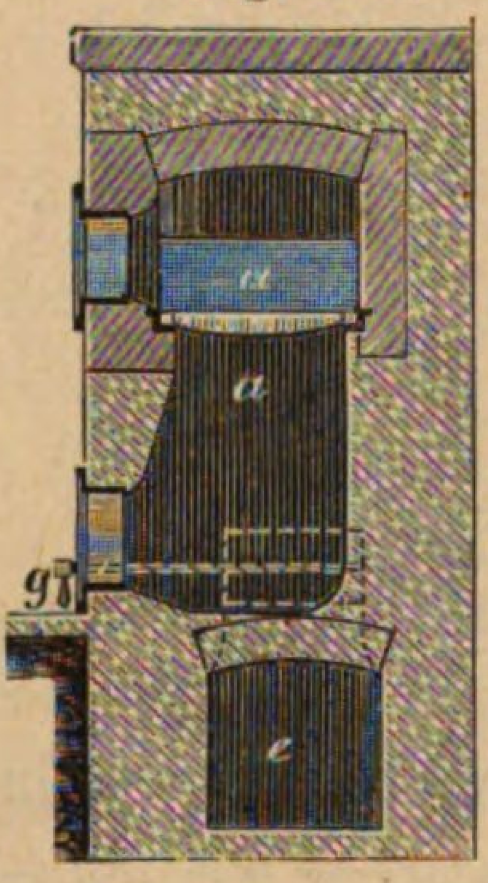


Fig. 931.

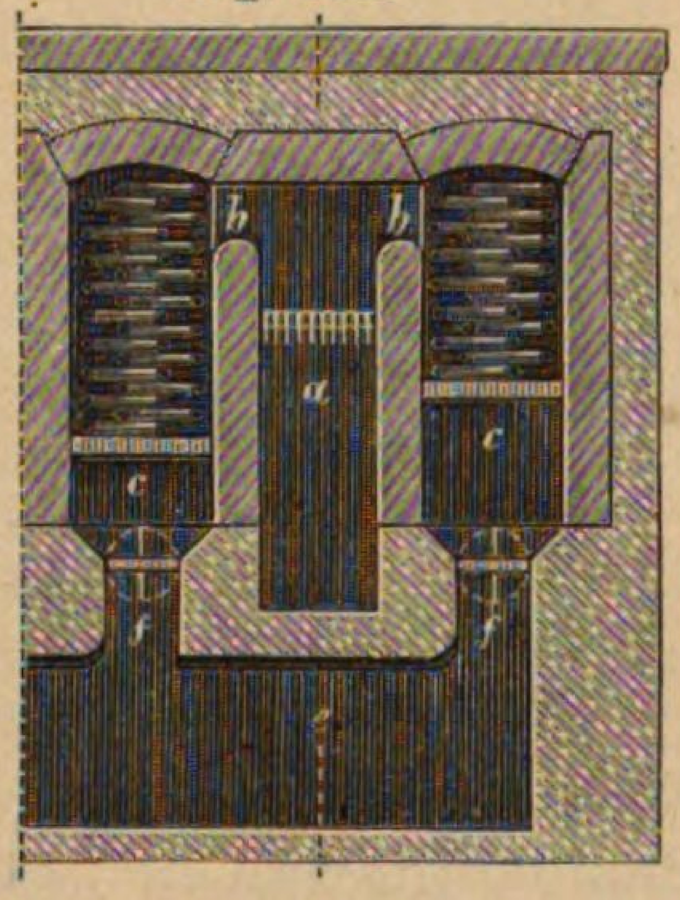
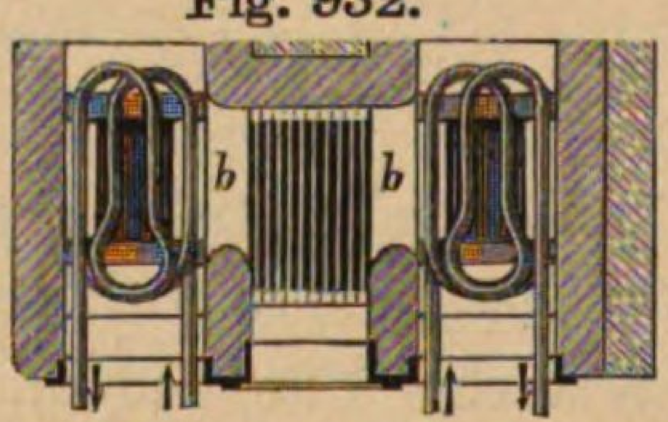


Fig. 932.



Als Heizmaterial wird bei der Heisswasserheizung in der Regel Coaks verwendet, indem das Steinkohlenfeuer die Spiralen sehr bald mit Russ und Theer überzieht, wodurch die Einwirkung des Feuers auf die Spiralen sehr vermindert und somit der Heizeffect ungünstig wird; doch hat man in neuerer Zeit die Ofenspiralen auch oft mit Steinkohlen geheizt, denn da die Spiralen von aussen leicht zugängig sind, so ist deren öftere Reinigung von Russ und Theer ohne erhebliche Mühe rasch zu bewerkstelligen. Ein Mangel der Heisswasserheizung ist das geringe Quantum des in den Rohren enthaltenen erwärmten Wassers, welches nach dem Verlöschen des Feuers rasch abkühlt, also keine längere Nachwärmung abgiebt.

Fig. 933 zeigt den vorhergehend dargestellten Ofen in $^1/_{24}$ der wirkl. Grösse in der Vorderansicht; *a* ist die Heizthür, *b* die durch eine Drehklappe verschliessbare Aschenfallthür, *c* sind die Thüren der Spiralöfen, *d* die Steigerohre und *e* die Rücklaufrohre; das Mauerwerk wird durch die Ankerplatten *f* zuzammengehalten. Zur Absperrung der einzelnen Heizspiralen dienen die in der Rohrleitung vor den Thüren *c* eingeschalteten Ventile. Die Ofenspiralen haben gewöhnlich eine Rohrlänge von 20 bis 30 Meter und daher bei 33 Millim. Rohrdurchmesser eine feuerberührte Fläche von rot. 2 bis 3 □Meter. Auf 1 lfd. Meter Ofenspirale = rot. 1000□Centim. feuerberührte Fläche rechnet man ca. 28 □Centim. **totale** und hiervon 7 □Centim. **freie** Rostfläche. Je 1 Meter Rohr der Ofenspirale ist erforderlich für 14 bis 24 Cubikmeter Zimmerraum, je nach der Lage der Zimmer im Gebäude, ob nach kalter oder warmer Himmelsrichtung, nach der Länge der Aussenmauer, der Anzahl der Thüren und Fenster und je nach dem Umstande, ob zu beiden Seiten, sowie oben und unten Räume liegen, die geheizt werden oder nicht. Demnach erfordern 100 Cubikmeter auf 20° C. zu erwärmenden Zimmerraum 4,2 bis 7,2 Meter Rohrlänge der Ofenspirale und 30 bis 50 □Centim. **freie** Rostfläche. Die Spirale erhält $^1/_8$ der Länge der ganzen Leitung.

Fig. 933.

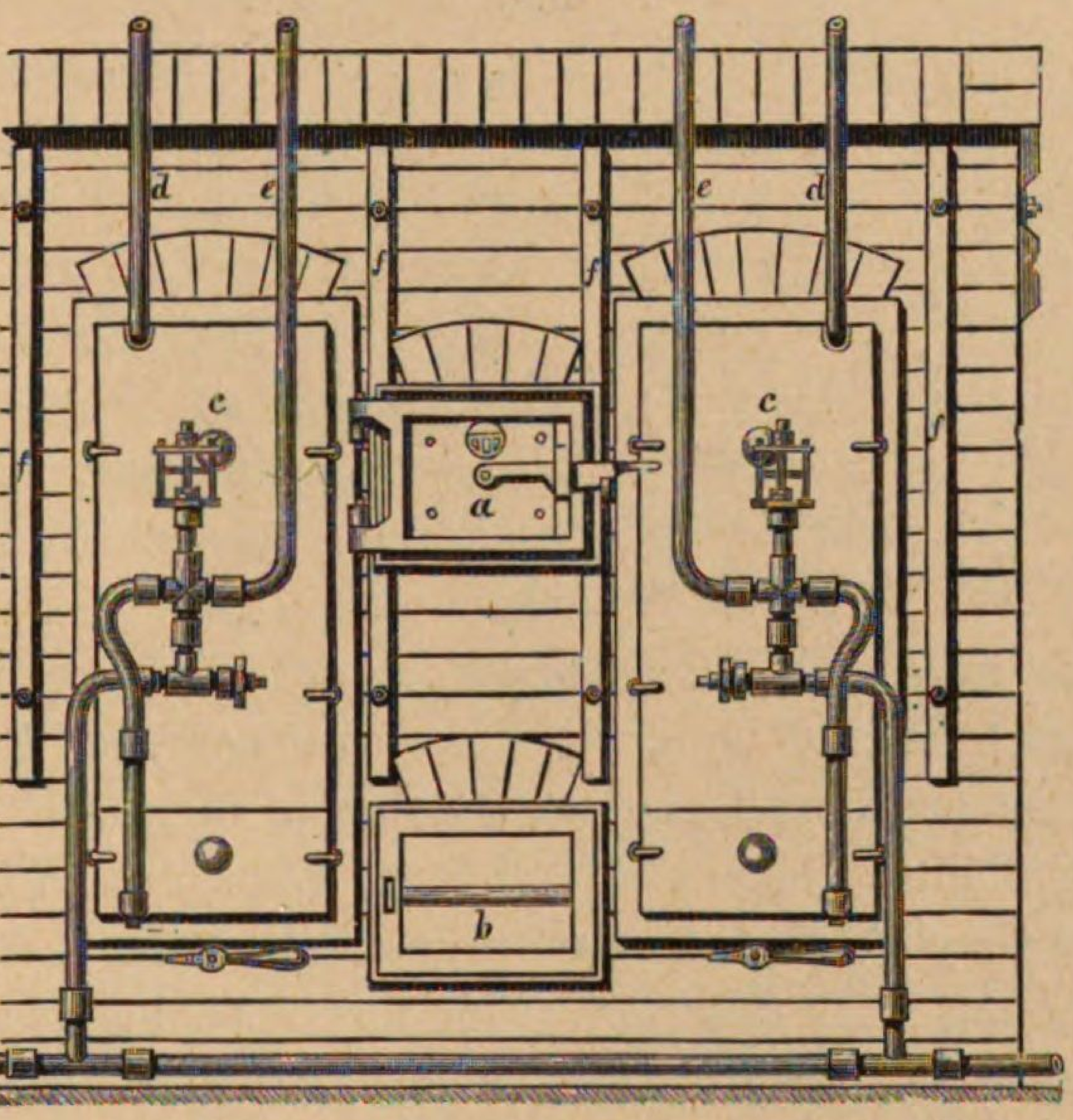
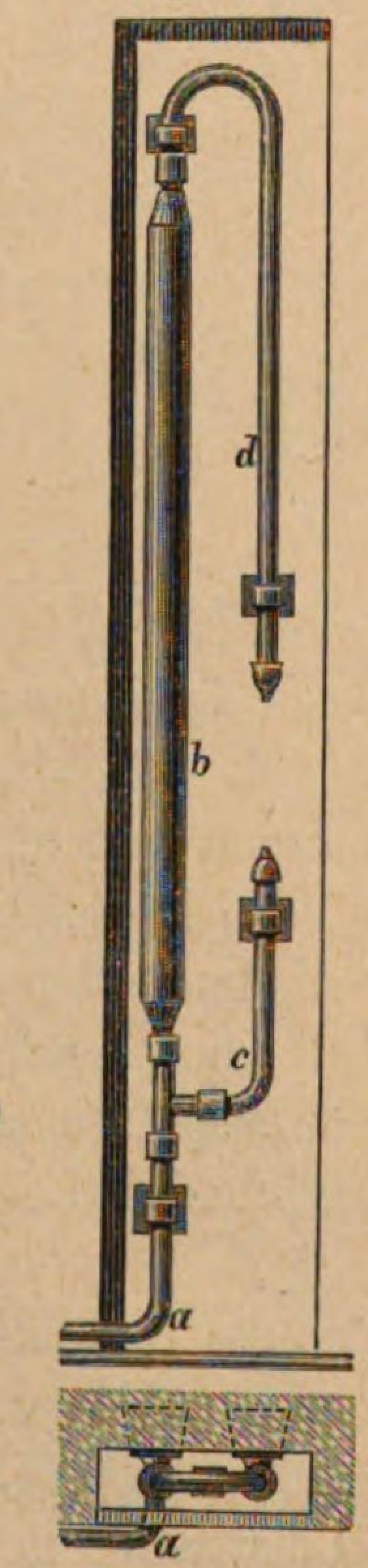


Fig. 934.

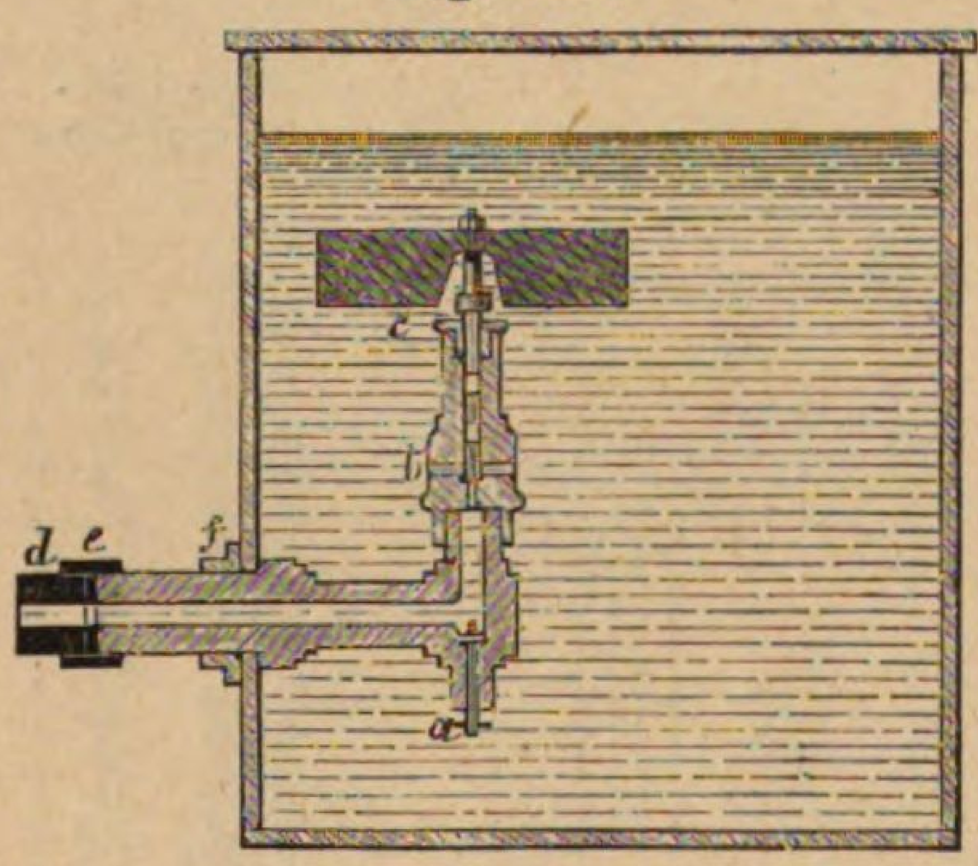


Jedes Heizsystem einer Heisswasserheizung muss im höchsten Punkte der Rohrleitung ein **Expansionsgefäss** erhalten, dessen Luftraum eine Ausdehnung des in dem Rohrsystem eingeschlossenen Wassers gestattet, indem die im Gefässe eingeschlossene Luft auf ein geringeres Volumen zusammenpressbar ist, während das durch die Wärme sich ausdehnende Wasser nicht zusammengepresst werden kann. In Fig. 934 ist das Expansionsgefäss in der Ansicht und im Grundrisse dargestellt; es besteht aus einem Rohrstücke *b* von grösserem Durchmesser als die Heizröhren *a*, welches Luft enthält, die theils darin von vornherein belassen wurde, theils sich nach der Füllung des Rohrsystems aus dem frischen Wasser bei dessen Erhitzung abgesondert hat. Die richtige Grösse des Luftraumes im Expansionsgefässe ist von grossem Einflusse, denn ist der Luftraum zu gross, so reisst das Wasser beim Rücklauf leicht Luftblasen mit sich fort, die sich an einer passenden Stelle in einer Rohrkrümmung festsetzen. Wenn dies in den Heizröhren geschieht, so entsteht ein klatschendes Geräusch von dem gegen die Rohrwandung schlagenden Wasser, sonst ist die Luft hier nicht weiter schädlich; setzt sich dieselbe aber an einer Krümmung der Ofenspirale fest, so kann das Rohr an dieser Stelle glühend werden und bei späterer Berührung mit dem Wasser die Spannung in dem Rohre sich erheblich steigern, auch kann das Rohr dadurch zersprengt werden, weil es durch Abfallen des Glühspahns an Wandstärke verliert. Das Expansionsgefäss, Fig. 934, hat unten ein aufwärts gebogenes Rohrstück *c*, am oberen Ende ein ähnliches abwärts gebogenes Rohrstück *d*, die beide mit Stöpsel dicht verschraubt werden. Beim Nachfüllen des Rohrsystems schraubt man die Stöpsel von den Rohrenden *c* und *d* ab, füllt den Schenkel *c* vollständig mit Wasser, wobei die im Gefässe überschüssig vorhandene Luft aus dem Schenkel *d* entweicht, und schraubt dann beide Stöpsel wieder dicht auf; das Nachfüllen wird etwa alle 8 bis 14 Tage erforderlich, denn ein Verdunsten findet trotz der grossen Dichtigkeit des Rohrsystems bald mehr bald minder rasch statt.

Sobald Wassermangel in den Heizröhren eintritt, äussert sich dieser Umstand durch ein immer heftiger werdendes Klatschen in den Röhren, ähnlich als ob mit eisernen Hämmern gegen die Rohre geschlagen würde. Diese Anzeige des Wassermangels ist zu beachten und die Nachfüllung des Systems vorzunehmen, da sonst leicht eine Explosion eintritt. Solche Explosionen sind übrigens nicht gefährlich, da sie naturgemäss stets nur in dem Ofen stattfinden, wobei das Rohr unter ziemlich starkem Knall in der Schweissfuge spaltförmig aufplatzt und das im Rohr enthaltene Wasser als Dampf heftig ausströmt, ohne weiteren Schaden anzurichten, wie mehrere derartige Fälle gezeigt haben; das beschädigte Rohrstück lässt sich leicht durch ein anderes ersetzen.

Sicherheitsventile werden gewöhnlich bei Heisswasserheizungen von den Technikern für überflüssig gehalten und daher nicht angeordnet. Da aber die Construction dieser Ventile sehr einfach ist und die Nachfüllung des Rohrsystems selbstthätig von denselben besorgt wird, so dürfte deren Anbringung sehr zu empfehlen sein. Ein solches Ventil ist in Fig. 935 im Verticalschnitte dargestellt; dasselbe wird über dem höchsten Punkte jedes Heizsystems angebracht. Die Abzweigung *d*, von dem Rohrsystem der Heizung, ist durch die Muffe *e* mit dem Ventilgehäuse dicht verschraubt; das letztere wird von der Verschraubung *f* in der Wandung eines Wassergefässes fest gehalten. In dem Ventilgehäuse befinden sich 2 Ventilkegel bei *a* und *b*, welcher letztere durch ein Gewicht *c* belastet ist, was dem grössten Drucke in der Circulationsleitung entspricht. Ist die Rohrleitung gefüllt und wird dann geheizt, so dehnt sich das Wasser in der ganzen Leitung gewaltig aus. Sobald nun der Maximaldruck in der Leitung überschritten ist, wird das Gewicht *c* durch den oberen Ventilkegel gehoben und das Wasser fliesst aus der Leitung durch die bei *b* angebrachten Oeffnungen in das Reservoir. Tritt dagegen in dem Rohr *d* ein Wassermangel ein, so wird der Ventilkegel *a* gehoben und das Wasser strömt von unten aus dem Reservoir durch das Rohr *d* in die Circulationsleitung.

Fig. 935.



Die **Heizrohrleitung** beginnt am oberen Ende der Ofenspirale und steigt von hier bis zu demjenigen Geschosse, für welches das Heizsystem bestimmt ist. In dem betreffenden Geschosse wird das Rohr dann entweder im Fussboden oder nahe über demselben, meistens an den Fensterwänden horizontal entlang gezogen und läuft darauf in einer rückwärts führenden Leitung parallel zur Zuleitung nach dem untern Ende der Ofenspirale zurück. Fig. 936 giebt einen im Fussboden liegenden Heizcanal mit Zufluss- und Rückleitung auf einem Balken liegend, Fig. 937 giebt einen ähnlichen Canal, der die Balken rechtwinklig kreuzt. Einen Canal mit doppelter Hin- und Herleitung des Heizrohres zwischen den Balken zeigt Fig. 938, wobei der Boden des Heizcanals auf den an den Balken genagelten Leisten *a* ruht. In den meisten Fällen ist es zweckmässiger, die Heizröhren oberhalb des Fussbodens an den Wänden entlang zu führen, sie werden dann in der Scheuerleiste ent-

Fig. 936.

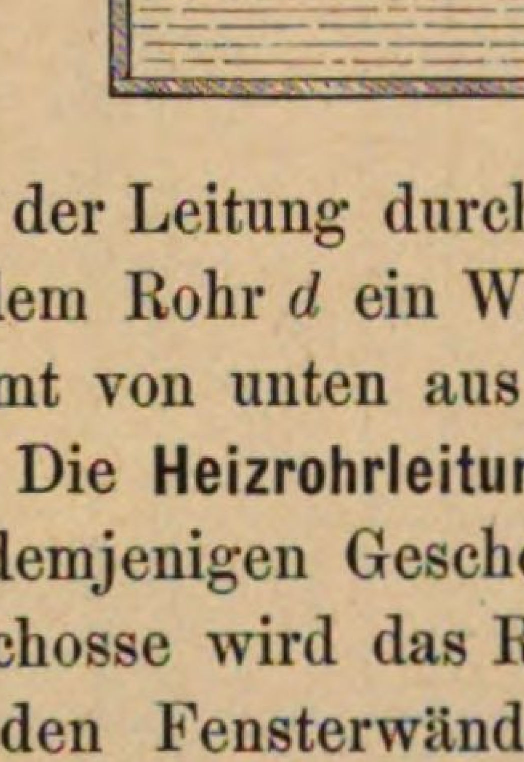


Fig. 937.

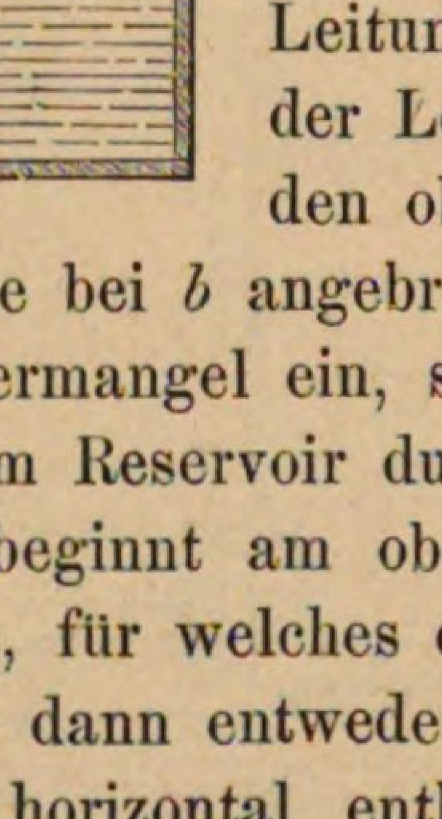


Fig. 938.

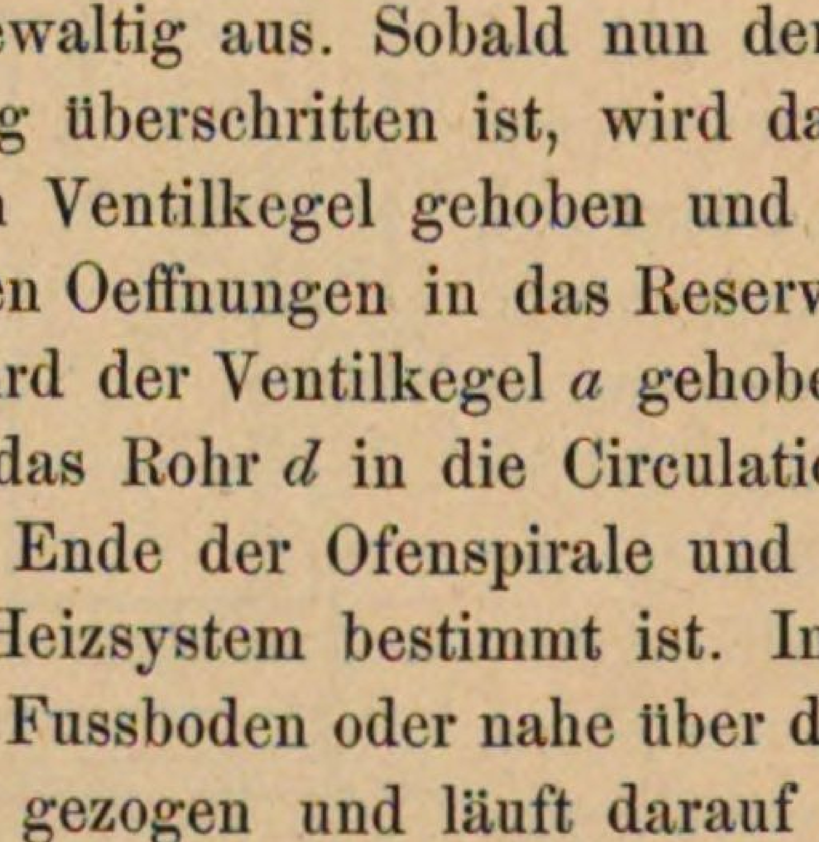
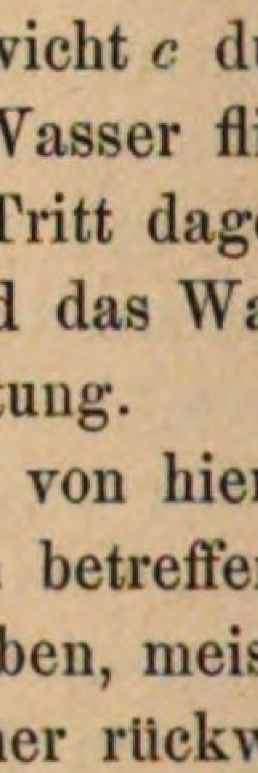


Fig. 939.



weder in die Wand eingelassen, wie in Fig. 939, oder vor die Wand gelegt, wie in Fig. 940, in welchem Falle die Scheuerleiste ziemlich hoch sein muss.

Die Verschraubung der Röhren ist in Fig. 129 S. 75 angedeutet; hierbei werden ähnliche Façonstücke erforderlich, wie die in Fig. 123 dargestellten, namentlich aber kommen halbkreisförmig gebogene Rohrstücke an den Enden der Leitungen sehr viel zur Anwendung. Zur Abdeckung der Heizcanäle werden durchbrochene gusseiserne Platten verwendet; einige einfachere Motive zu den Durchbrechungen sind in Fig. 941 bis 943 dargestellt. Solche friesartige Platten werden auch in die Scheuerleisten eingefügt, wenn die Heizröhren an den Wänden entlang geführt sind.

In manchen Fällen genügen Zu- und Rückleitung ohne Weiteres, um ein Zimmer hinreichend zu erwärmen; wird eine grössere Rohrlänge erforderlich, so kann man das Rohr in einem Canal mehrfach hin- und herleiten, oder man kann es unter dem Fensterbrett in den Fensternischen, wie in Fig. 944 im Grundrisse und in der Ansicht dargestellt,

Fig. 940.

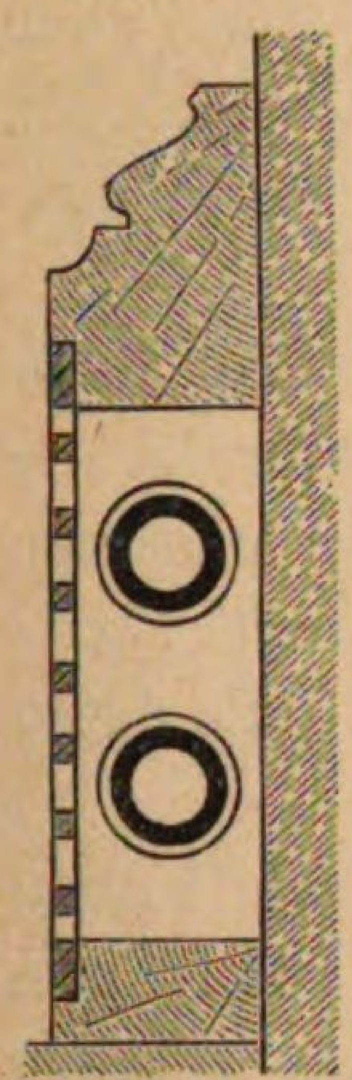


Fig. 941.

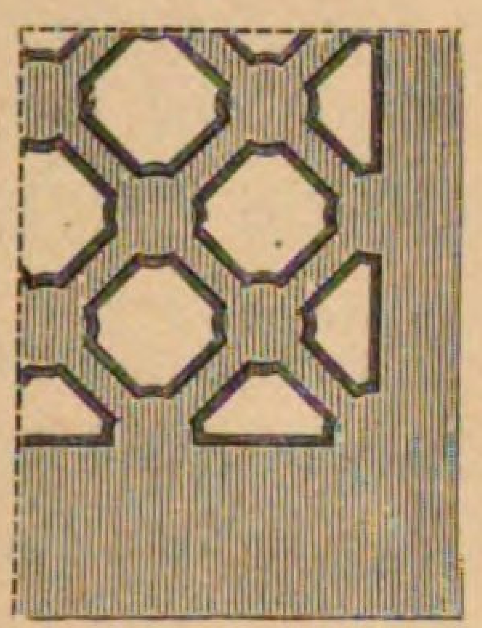


Fig. 942.

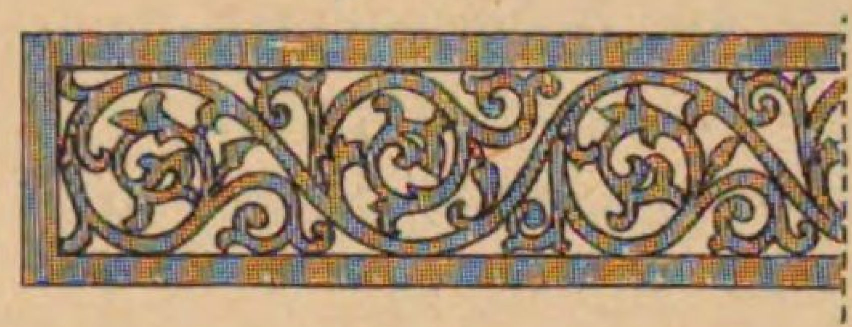


Fig. 943.

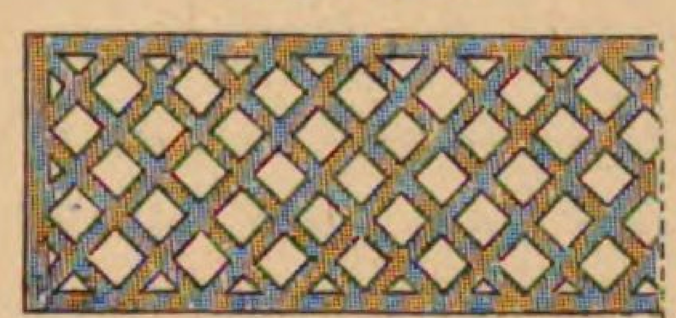
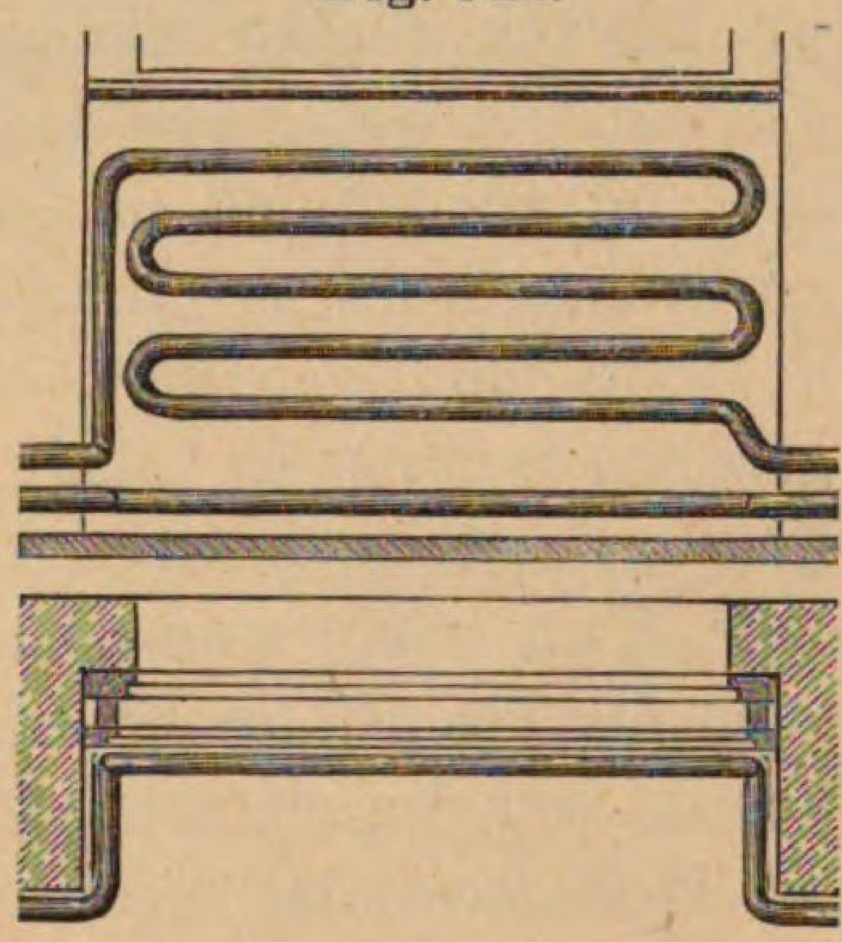


Fig. 944.



in einer verticalen Ebene über einander hin- und herleiten. Erhält man auf diese Weise noch keine genügende Heizrohrlänge, so kann man das Rohr zu einer länglichen Spirale zusammenwickeln und in einer Zimmerecke oder in den Fensternischen als besondern Ofen aufstellen. Zugleich lassen sich diese Heizspiralen zur Einführung reiner erwärmter Luft verwenden, indem man zu diesem Zwecke in der Mauer am Fussboden einen Canal anlegt, in den man eine Blechröhre einschiebt, deren verticaler Schenkel durch die Mitte der Heizspirale geht, wie dies Fig. 945 und 946 zeigt. Die frische Luft tritt von aussen in den Blechcanal, wird hierin durch die Heizspirale erwärmt und steigt aufwärts, worauf beständig Luft von aussen nachströmt, die sich an den Wandungen des Blechcanals erwärmt und mit entsprechend hoher Temperatur ins Zimmer tritt. Durch eine Drosselklappe kann die Luftzuströmung nach Belieben regulirt, oder ganz abgeschlossen werden; zur Nachtzeit ist das Verschliessen dieser Klappe unbedingt nöthig, weil sonst das Heizsystem vollständig abkühlen oder gar einfrieren würde, wodurch das Heizrohr zersprengt werden könnte. Oben und an der Vorderseite wird die Heizspirale mit durchbrochenen gusseisernen

Fig. 945.

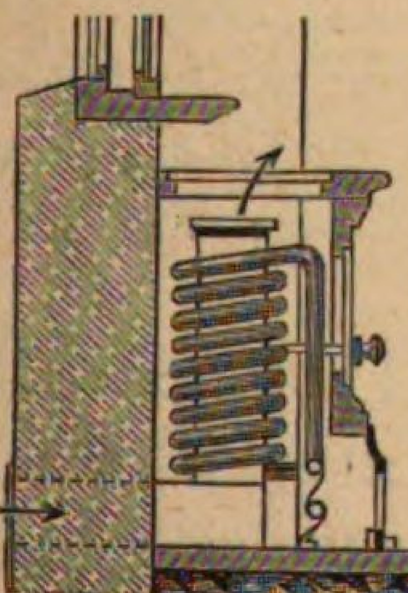


Fig. 946.

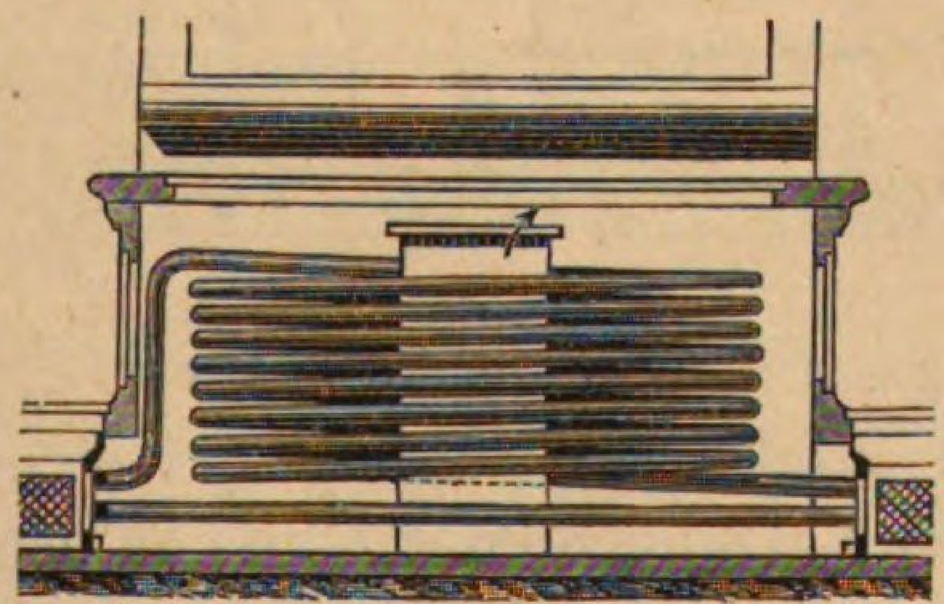
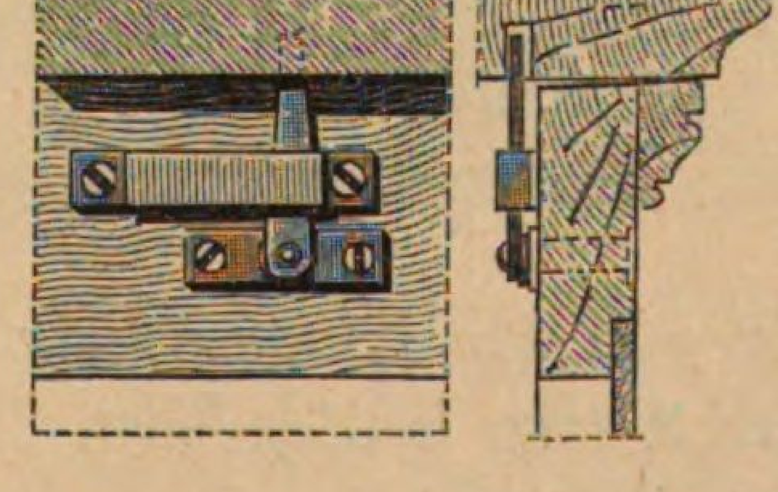


Fig. 947.



Platten zwischen Holzrahmen verkleidet und kann die vordere Verkleidung unten in den Fussboden eingelassen sein, oben aber durch Einreiber nach Fig. 947 unter der oberen Abdeckplatte oder unter dem Fensterbrett befestigt werden.

Wenn es die Längenausdehnung einer zu heizenden Localität erfordert, darf man den Heizröhren eines Systems eine Länge von 400 Meter geben; in der Regel erhalten die Rohre eines Heizsystems aber nur 80 bis 200 Meter Länge, wenn man die Steigerohre und die Länge der Ofenspirale nicht mit rechnet. Bei Bestimmung der Länge der Heizröhren nimmt man an, dass 1 Meter Rohr von 33 Millimeter Durchmesser 2,5 bis 10 Cubikmeter Zimmerraum heizt, je nach den S. 469 erwähnten Umständen; hiernach ist pro 100 Cubikmeter zu heizenden Raum 10 bis 40 Meter Heizrohrlänge erforderlich, ohne die Steigerohre und ohne diejenigen Röhren, welche in den Mauern liegen. Im Berliner Stadtgerichte waren 2 bis 4,5 □Meter Röhrenoberfläche für 100 Cubikmeter Raum erforderlich. Verticale Zuleitungsrohre, die in ein höher gelegenes Geschoss aufsteigen und die Schornsteine der Heizanlage, welche in den Wänden der zu heizenden Räume liegen, sind bei der Bestimmung der Heizrohrlänge ebenfalls zu berücksichtigen, denn kleine Räume werden von solchen Steigeröhren und Schornsteinen mehr als nöthig erwärmt, wenn auch die Heizrohrleitung aus dem Raume ganz fortgelassen wird. Flure und Corridore können auch oft allein durch solche hindurchgeführte Steigerohrleitungen und Schornsteine in ausreichender Weise erwärmt werden.

Soll die Temperatur eines bestimmten Raumes je nach Umständen höher oder tiefer gehalten werden, so bringt man in demselben zunächst ein Zu- und Rückflussrohr an der Fensterwand an, welches das Minimum der Erwärmung giebt, die in dem Raume eintreten soll; dann bringt man noch Heizspiralen mit so viel Röhren an, dass das verlangte Maximum der Temperatur erzeugt werden kann, die Heizspiralen müssen in diesem Falle durch Ventile von der einfachen Zu- und Rückflussleitung abgesperrt werden können.

Heisswasserheizungen werden in Deutschland namentlich von den Röhrenfabrikanten Herren **Joh. Haag** in Augsburg und **Ahl und Poensgen** in Düsseldorf ausgeführt. Die Röhren werden im kalten Zustande auf wenigstens 100 und auf Verlangen bis 150 Atmosphären Druck geprüft, so dass also eine grosse Sicherheit vorhanden ist.

Die Kosten der Heisswasserheizung im Berliner Stadtgerichte betrugen bei 4280 Cubikmeter zu heizendem Raum pro 100 Cubikmeter Raum rot. 400 Mark. In dem neuen Verwaltungsgebäude der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn zu Berlin kostete die Heisswasserheizung, welche 7676 Cubikmeter Zimmerraum erwärmt, rot. 30000 Mark, oder pro 100 Cubikmeter Raum 391 Mark. Die von **Ahl und Poensgen** eingerichtete Heisswasserheizung in der polytechnischen Schule zu Aachen kostete mit der ornamentalen Ausstattung bei 20864 Cubikmeter zu heizendem Zimmerraum 38028 Mark, oder pro 100 Cubikmeter Raum nur 183 Mark(?).

In neuerer Zeit wurde die Heisswasserheizung auch mit Vortheil für Malzdarren und für Backöfen angewendet. Fig. 948 giebt die Vorderansicht, Fig. 949 die hintere Ansicht

Fig. 948.

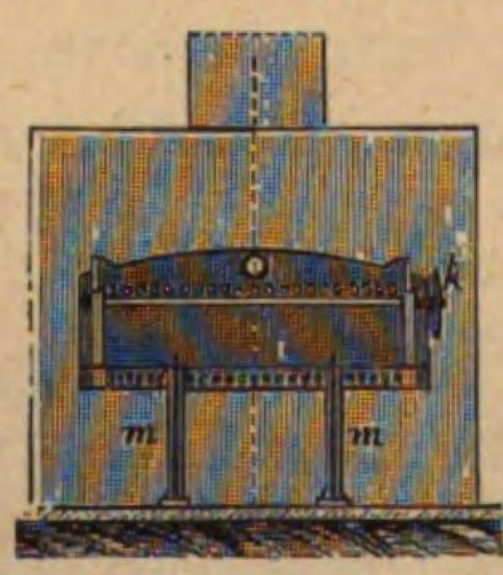


Fig. 949.

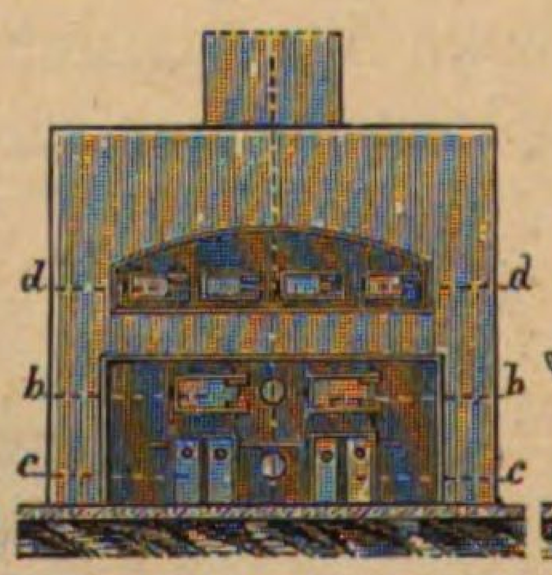
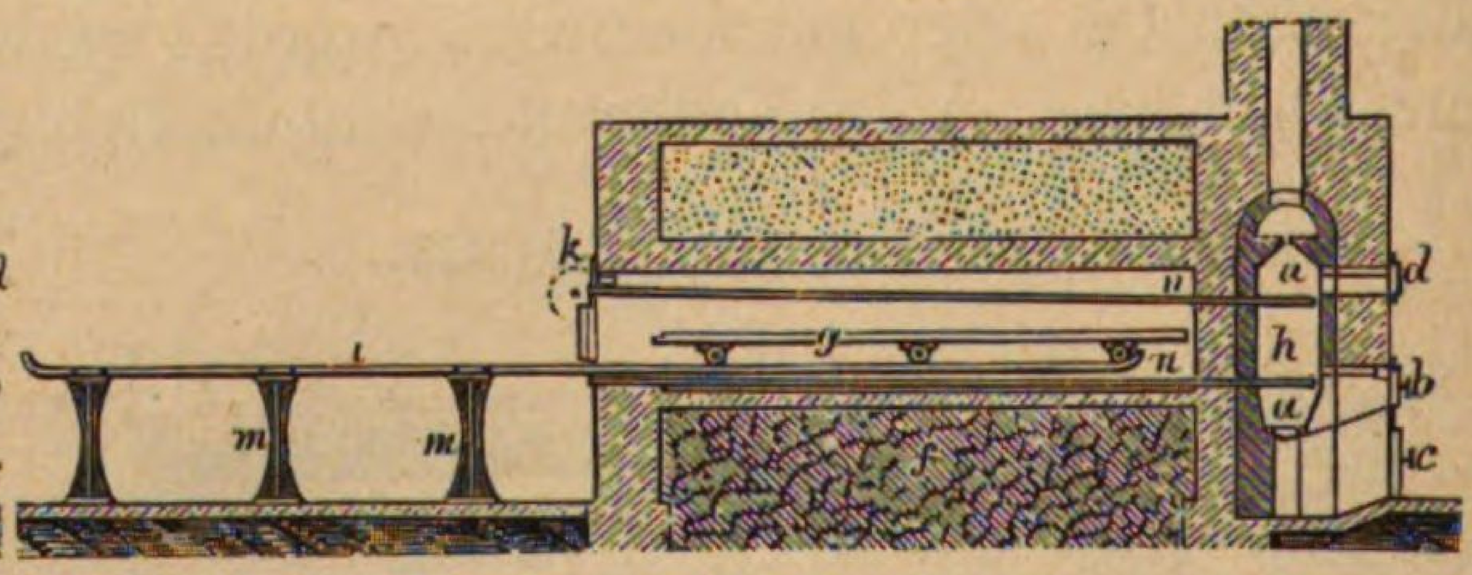


Fig. 950.



und Fig. 950 den Längenschnitt des Patent-Röhrenbackofens von dem Fabrikanten Herrn **Wieghorst & Sohn** in Hamburg. Hierbei erfolgt die Heizung des eigentlichen Backraumes, durch 60 Stück schmiedeeiserne mit Wasser gefüllte Röhren *n*, die an den Enden zugeschweisst oder zugeschraubt sind. Zwischen den Röhren steht die auf 6 Rädern auf einem Schienengeleise ruhende schmiedeeiserne Platte *g*, worauf die Brote placirt werden. Vor der Einschiebethür ist das Schienengeleise *l*, von den Stützen *m* getragen, so weit verlängert, dass die Platte aus dem Ofen ganz herausgezogen und ausserhalb desselben mit den Broten

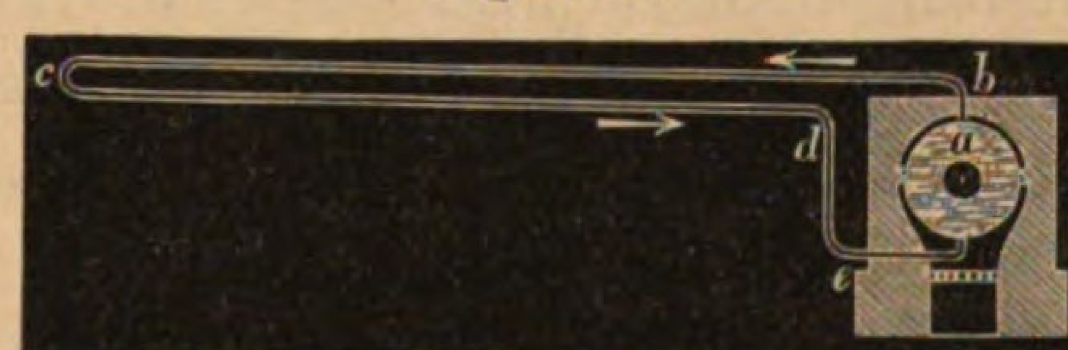
besetzt werden kann; die eiserne Einschiebethür *i* wird durch ein auf der Scheibe *k* laufendes Gegengewicht abbalancirt und lässt sich leicht öffnen.

An der hinteren Seite des Ofens, Fig. 949, findet die Heizung statt, hier treten die im Ganzen 4,4 Meter langen Heizröhren auf etwa 36 Centim. Länge in den Heizraum *a*, wo sie dem Feuer ausgesetzt sind. Die Beschickung des Rostes *a* geschieht durch die Heizthüren *b*, während der Zug durch die Aschenthüren *c* regulirt werden kann. Zur Reinigung der oberen Röhrenreihe von Russ dienen die Oeffnungen *d* und muss die Reinigung etwa alle 8 Tage vorgenommen werden.

Anfänglich ist zum Backen ein Hitzegrad von 250° C. erforderlich, der schliesslich auf 190° ermässigt wird. Das Backen eines Schusses von 110 bis 120 Broten dauert $1^3/_4$ bis 2 Stunden, kann daher in 12 Stunden 5mal wiederholt werden, worin ein wesentlicher Vorzug dieses Ofens besteht. Ein ganz ungeübter Arbeiter kann den Ofen beschicken, während das Einbringen der Brote mittelst eines Schiebers grosse Geschicklichkeit erfordert und demnach den Betrieb des Ofens von einzelnen Arbeitern abhängig macht. Die preussischen Militair-Bäckereien haben diesen Ofen vielfach angewendet und vorzüglich bewährt gefunden. Die Einrichtung ist so getroffen, dass einzelne schadhafte Heizröhren ohne Betriebsstörung aus dem Ofen entfernt und durch andere ersetzt werden können.

c. Die **Warmwasserheizung**, auch Niederdruckheizung genannt, beruht auf demselben Prinzip wie die Heisswasserheizung, nur wird das Circulationswasser hierbei in einem ganz mit Wasser gefüllten cylindrischen Gefäss erwärmt, welches wie ein gewöhnlicher Dampfkessel eingerichtet ist; sie wurde zuerst von **Bonnemain** im Jahre 1777 angewendet. Die einfachste Art der Warmwasserheizung, wie sie für Gewächshäuser angewendet wird, ist in Fig. 951 dargestellt, wobei die aus Gusseisen oder Kupfer bestehenden Heizröhren von 7 bis 8 Centim. Durchmesser an einem der höchsten Punkte *b* des Kessels *a* beginnen, die zu erwärmenden Räume durchziehen und schliesslich bei *e* wieder an einem der tiefsten Punkte in den Kessel eintreten. Das Wasser wird in dem Kessel höchstens bis auf 90° C. erwärmt und kehrt gewöhnlich mit einer Temperatur von 40° C. in den Kessel zurück. Die durch diesen Wärmeunterschied bedingte Differenz des specifischen Gewichtes des aufsteigenden gegen das rückströmende Wasser ist nicht gross, daher auch die treibende Kraft in den Röhren nicht so bedeutend, dass man das Rohrsystem auf längere Strecken horizontal legen könnte, sondern ein stetiges Steigen ist eine Grundbedingung für das Rohrsystem. In Fig. 951 steigt das Heizrohr vom Punkte *b* bis zum Punkte *c*, der am höchsten gelegen ist, von hier an fällt es gleichmässig bis zum Punkte *d*. Da die Temperatur des Wassers in den Heizröhren von dem Austrittspunkte *b* an, bis zum Rückkehrpunkte *e* nach einem gewissen Gesetze abnimmt, so muss man, um annähernd in allen Punkten einigermassen gleiche Wärmeabgabe der Röhren zu erzielen, ein Steigerohr und ein Rücklaufrohr übereinander legen.

Fig. 951.



Die Anordnung Fig. 951 wird vorzugsweise zur Erwärmung der Gewächshäuser gebraucht und ist zu diesem Zwecke sehr geeignet. Sie giebt eine gleichförmige, mässige Erwärmung, kann ohne Schwierigkeit dicht hergestellt und unterhalten werden, gewährt eine günstige Verwendung des Brennstoffes und hat besonders den für Gewächshäuser sehr wesentlichen Vortheil, dass sie wegen der grossen im Kessel und in den Röhren enthaltenen Wassermenge sehr lange nachwärmt, nachdem die Heizung des Kessels aufgehört hat. Gut angelegte Warmwasserheizungen in Gewächshäusern brauchen bei der strengsten Kälte nur von Morgens 5 Uhr bis Abend 10 Uhr geheizt zu werden, um auch in der Nacht hinreichende Wärme abzugeben.

Für das in Fig. 7, **Blatt 15** dargestellte Weintreibhaus ist eine Warmwasserheizung ausgeführt, deren Heizkessel Fig. 952 im Querschnitte und Fig. 953 im Längenschnitte giebt. Wegen Mangel an Raum musste die Heizthür *a* hier an der einen Langseite der

Kesseleinmauerung angebracht werden. Der Kessel *b* besteht aus 2 concentrischen Cylindern, zwischen denen sich der Wasserraum befindet und ist *c* das Steigerohr, *d* das Rücklaufrohr. Beide Röhren haben am Kessel 15,6 Centim. lichte Weite, werden aber gleich hinter den Krümmern bis auf 7,8 Centim. Weite reducirt, welchen Durchmesser die ganze übrige Rohrleitung hat, deren Lage aus Fig. 6 und 7, **Blatt 15** ersichtlich ist. Im höchsten Punkt steht die Heizrohrleitung mit einem etwas höher gelegenen Wasserreservoir in Verbindung, was bei der Warmwasserheizung immer erforderlich ist, damit die Leitung vollständig gefüllt gehalten wird.

Fig. 952.

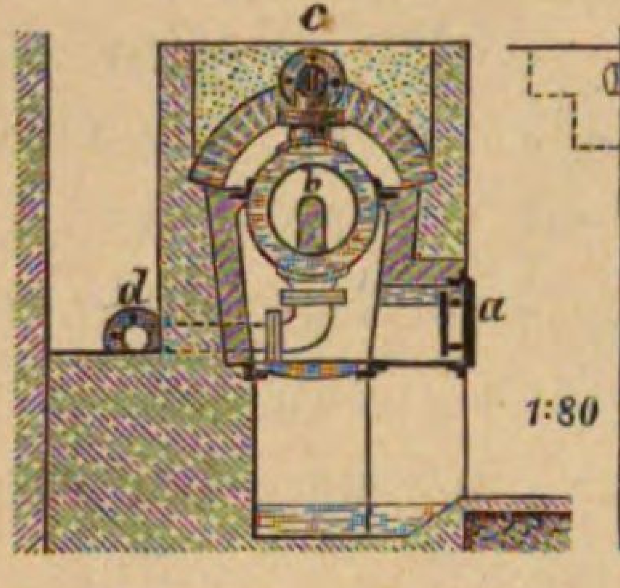


Fig. 953.

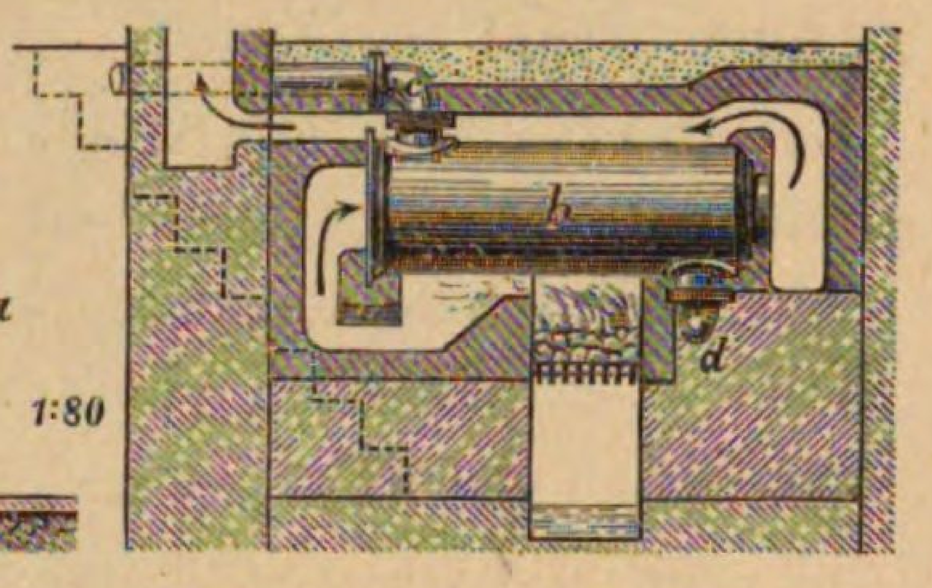


Fig. 954.

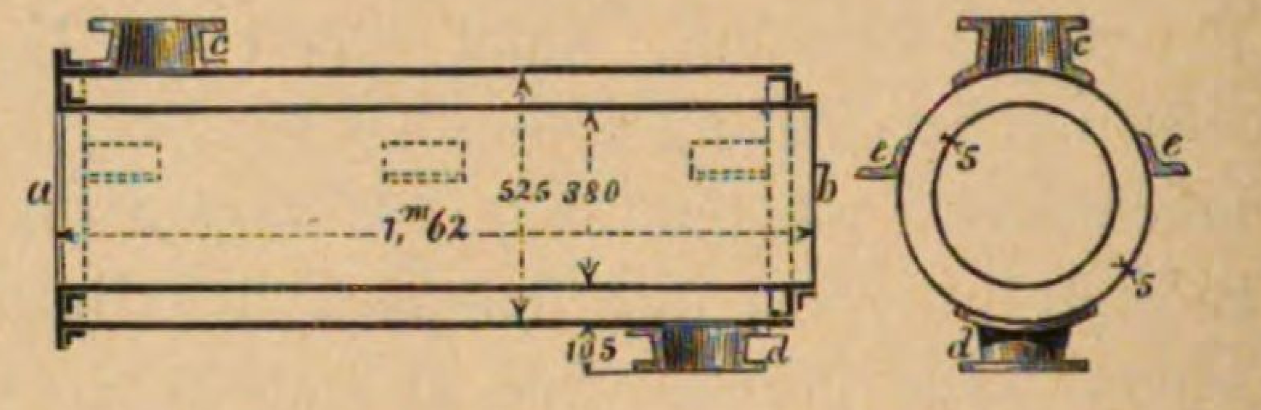


Fig. 954 zeigt die Construction des Kessels im Längen- und Querschnitte; bei *a* sind die beiden aus 5 Millim. starkem Bleche bestehenden concentrischen Röhren durch zwei Winkeleisenringe an einen ringförmigen Blechboden angenietet, während bei *b* der grosse Cylinder durch einen gekümpelten Blechboden geschlossen ist, durch den der kleine Cylinder hindurchgesteckt und mit dem er durch einen äusseren Winkeleisenring vernietet wurde. Die gusseisernen Rohrstutzen *c* für das Steigerohr und *d* für das Rückflussrohr, sind ebenfalls an dem Kessel durch Nietung befestigt; mit den 6 Winkeleisen *e* stützt sich der Kessel auf dem Mauerwerke. Nahe am Kessel wurden Flantschenröhren angewendet, im Uebrigen ist die Heizrohrleitung durch Muffen verbunden und durch eingestemmte Bleiringe gedichtet. Diese Heizung ist vom Verf. d. W. angelegt und hat dieselbe sich gut bewährt.

Der S. 380 erwähnte Kessel von **Ormssen** ist in Fig. 955 und 956 wiedergegeben; derselbe ist aus Eisenblech geschweisst, nicht genietet, und der äussern Form nach ein Kofferkessel von 1,25 Meter Länge, 1,3 Meter Höhe und 0,95 Meter Breite. Die hauptsächlichste Eigenthümlichkeit dieses Kessels *a* besteht in 2 inneren schlangenartig gewundenen durchgehenden Feuerzügen *b*, wodurch er eine ausserordentlich grosse vom Feuer berührte Fläche darbietet. Natürlich ist dieser Kessel für Warmwasserheizungen in Wohngebäuden nicht anwendbar, da er vermöge seiner Construction nur geringe Festigkeit hat und einen höheren Wasserdruck nicht aushalten kann; er eignet sich also nur für Wasserheizungen zu ebener Erde.

Fig. 955.

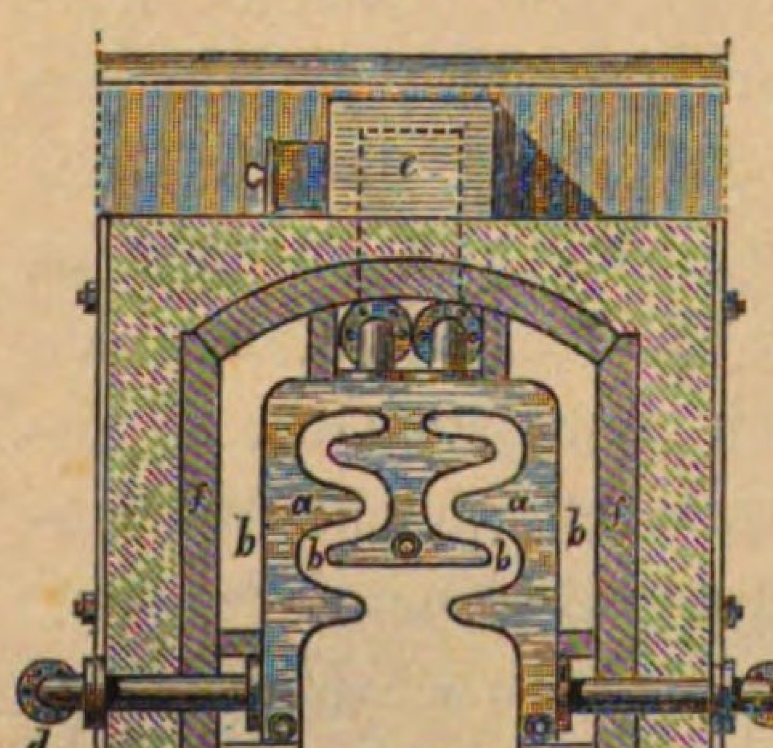
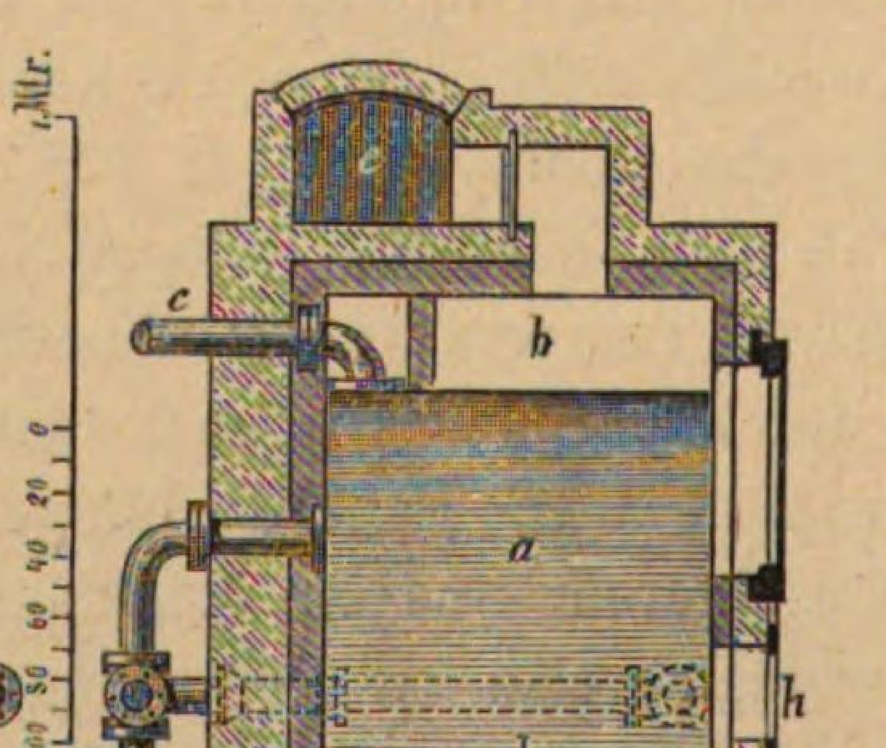


Fig. 956.



In den Fig. 955 und 956 bezeichnet *a* den Kessel, *b* die Feuerzüge, *c* das Steigerohr, *d* das Rücklaufrohr, *e* den Rauchabzugscanal, der durch einen Schieber verschliessbar ist, *f* die Chamotte-Ausfütterung des Ofens, *h* die Heizthür und *r* den Rost. Die Steige- und Rücklaufröhren bestehen aus Gusseisen und haben 7,8 Centim. lichte Weite.

Ein von den Herren **Granger und Hyan** in Berlin für Warmwasserheizungen angewendeter Kessel ist in Fig. 957 im Verticalschnitte dargestellt, während

Fig. 958 einen Horizontalschnitt nach *C-D* und nach *E-F* giebt. Der Kessel besteht aus 19 Stück vertical stehenden gusseisernen Röhren, die oben und unten in hufeisenförmige Ringstücke *f* eingreifen und mit diesen dicht verbunden sind. An dem obern Ringstücke *f* befindet sich ein Stutzen für das Steigerohr *g*, ein ebensolcher ist auch an dem untern Ringstücke *f* für das Rücklaufrohr *h* angegossen.

Fig. 957.

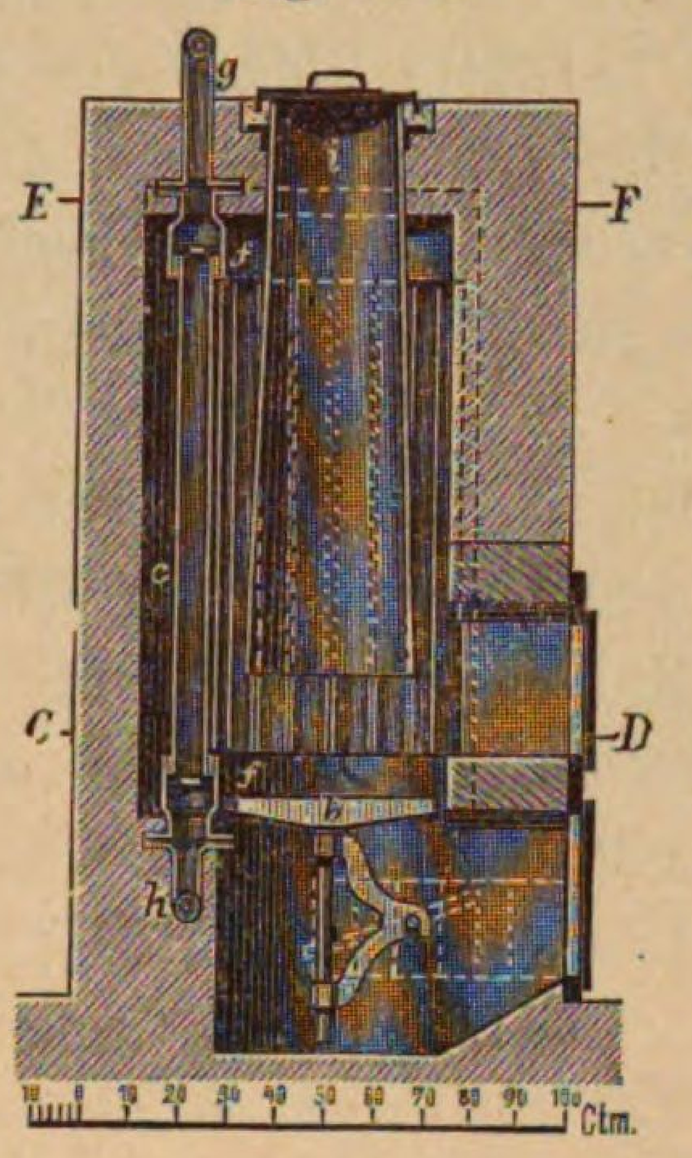
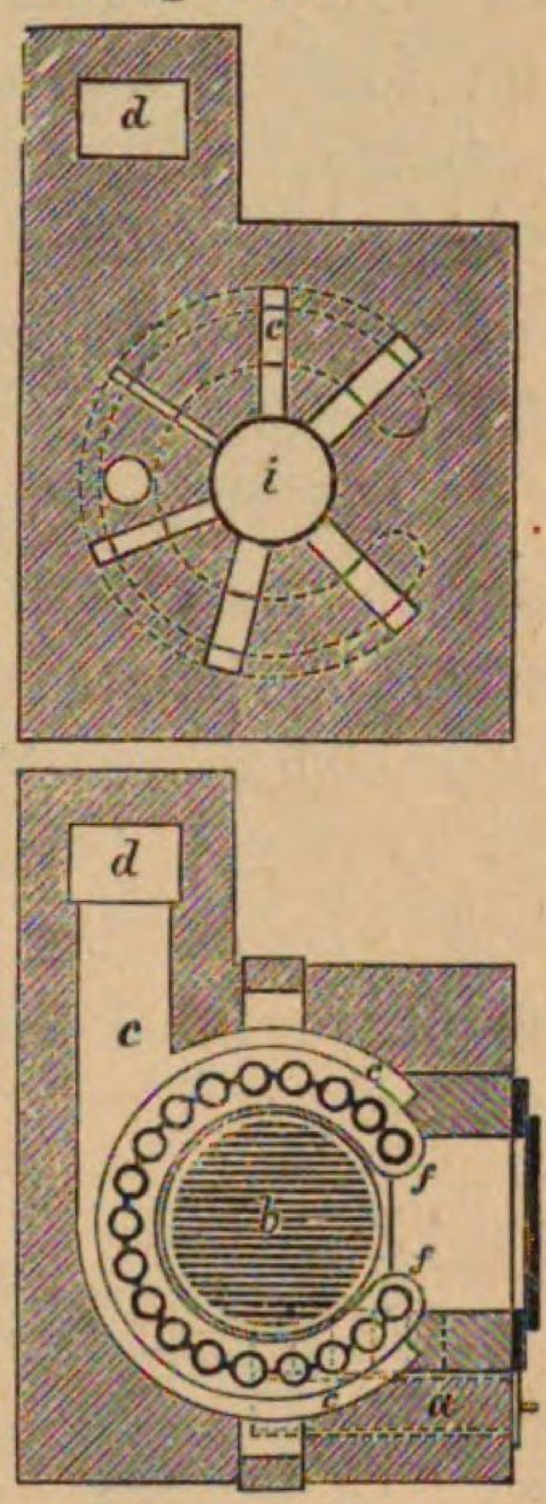


Fig. 958.



Das Brennmaterial wird durch den Füllconus *i* aufgegeben und besteht am besten aus eigrossen Stücken Coaks, kann aber auch Kohle oder Torf sein. Nach erfolgter Füllung, die bei continuirlicher Heizung nur Morgens und Abends erforderlich ist, wird der Füllconus *i* oben durch einen Deckel in Sandverschluss hermetisch abgesperrt. Der Rost *b* ist mittelst Hebelvorrichtung in der Höhenrichtung verstellbar, wodurch der Verbrauch des Brennmaterials geregelt werden soll. Diese Einrichtung ist sicher nicht empfehlenswerth, denn die Rostscheibe wird sich bald durch die am Rande zwischen Rost und Kessel fliessende Schlacke festsetzen und dann unbeweglich sein.

Der eigentliche Brennprozess findet fast nur an der Mantelfläche des abgestumpften Kegels statt, dessen Basis von dem Roste *b* und dessen obere Schnittfläche von der Unterkante des Füllconus *i* gebildet wird. Die Feuergase steigen zwischen dem Füllconus und der innern Seite des Röhrenkessels empor und streichen theils durch die Lücke *ff*, theils durch die im Horizontalschnitte *E-F* angedeuteten Feuerzüge *e*, oberhalb des hufeisenförmigen Ringstückes *f* nach der äussern Seite des Kessels, fallen hier abwärts und gelangen durch den am Fusse des Kessels angelegten Canal *c* in den Schornstein *d*. An den verticalen Röhren des Kessels sind Rippen angegossen, so dass die Feuergase nicht zwischen den Röhren durchströmen können. Die in dem Horizontalschnitte *E-F*, Fig. 958 eingezeichneten Feuerzüge *e* nehmen allmälig an Grösse zu, je weiter dieselben von dem zum Schornstein führenden Canal *c* entfernt sind, um den Zug am Umfange des Kessels möglichst gleichmässig herbeizuführen.

Die zur Verbrennung erforderliche atmosphärische Luft wird dem Roste nicht durch die Aschenfallthür, sondern durch den Canal *a* zugeführt und kann der Zuströmungsquerschnitt durch einen Kastenschieber beliebig regulirt werden, so dass man im Stande ist, die Verbrennung bis auf ein Minimum zu beschränken, wenn das Wasser im Kessel auf 50 bis 75° C. erwärmt ist. Heizthür und Aschenfallthür haben einen luftdichten Schluss, erstere dient nur zum Anmachen des Feuers und zum Reinigen des Rostes.

Diese Kesselconstruction muss als recht zweckmässig bezeichnet werden, da der Kessel eine grosse feuerberührte Fläche besitzt und einfach in der Herstellung ist. Die Kosten eines solchen Kessels von 1,25 Meter Höhe betragen, nach Angabe des Herrn **C. Hense**, etwa 330 Mark, oder complett eingemauert mit allen Nebenarbeiten 615 Mark, und ist diese Kesselgrösse für ca. 60 □Meter Oberfläche der Heizöfen in den zu erwärmenden Räumen ausreichend. Dadurch, dass der Kessel mit einem Füllconus versehen ist, wird wesentlich an Brennmaterial und Heizerlohn erspart, und man kann das Feuer Tag und Nacht continuirlich und gelinde brennen lassen. In den Geschäftsräumen von **Granger und Hyan** konnte ein solcher Röhrenkessel 940 Cubikmeter zu heizenden Raum, bei der äussern Temperatur von —15° C. mit täglich 366 Kilogr. Coaksverbrauch beständig auf +21° C. erwärmen.

Am gebräuchlichsten für Warmwasserheizungen in Wohngebäuden sind die Fig. 954 dargestellten Röhrenkessel, die dann aber gewöhnlich so eingemauert werden, dass der

Rost im Mauerwerke vor dem Kesselende *a* liegt und die Verbrennungsgase zuerst durch das innere Feuerrohr des Kessels streichen. Das Feuerrohr hat in der Regel einen Durchmesser = $^1/_2$ des äusseren Kesseldurchmessers und die Länge des Kessels = $2^1/_2$ bis $3^1/_2$ äussern Durchmesser. Man rechnet auf 100 Cubikmeter zu heizenden Raum 0,4 bis 0,6 □Meter Feuer berührte Fläche des Kessels, je nach den Seite 469 erwähnten Umständen, wonach die Länge und der Durchmesser des Kessels zu bestimmen ist. An totaler Rostfläche rechnet man für denselben Luftraum 0,027 bis 0,03 □Meter. Die Kessel werden gewöhnlich auf 3 Atm. Ueberdruck geprüft und ihre Blechstärke beträgt 7 bis 8 Millimeter.

Die Wasserheizöfen, welche in den zu erwärmenden Räumen aufgestellt werden, bestehen aus einem schmiedeeisernen 3 Millim. starken cylindrischen, oder nach oben ein wenig verjüngten Mantel, der oben und unten durch ebenso starke Eisen- oder Kupferblechböden verschlossen ist; diese Ofenmantel haben einen Durchmesser von etwa 40 bis 65 Centim., je nach der Höhe des Ofens und nach der Heizfläche, die derselbe haben soll. Durch den Ofen gehen, der Grösse des zu erwärmenden Raumes entsprechend, 6 bis 14 Stück ca. 8 Centim. weite schmiedeeiserne Röhren von etwa $1^1/_2$ Millim. Wandstärke, welche in den Böden festgelöthet sind. Fig. 959 giebt bei *A* die Ansicht, bei *B* den Verticalschnitt nach *C–D* und Fig. 960 den Grundriss der Warmwasserheizöfen. Die eigentlichen Heizkörper ruhen auf einem guss- oder schmiedeeisernen Sockel und sind oben durch eine Zinkgussbekrönung verziert. Unter dem Ofensockel strömt die kältere Zimmerluft in die inneren Röhren ein, erwärmt sich an denselben und strömt oberhalb des Ofens wieder in das Zimmer. Soll frische Luft in den zu erwärmenden Raum eingeführt werden, so leitet man dieselbe durch einen Canal *d*, der durch die Drosselklappe *e* verschliessbar ist, unter den Ofensockel; dieselbe steigt dann in den Röhren des Ofens in die Höhe und strömt erwärmt oben aus dem Ofen.

Fig. 959.

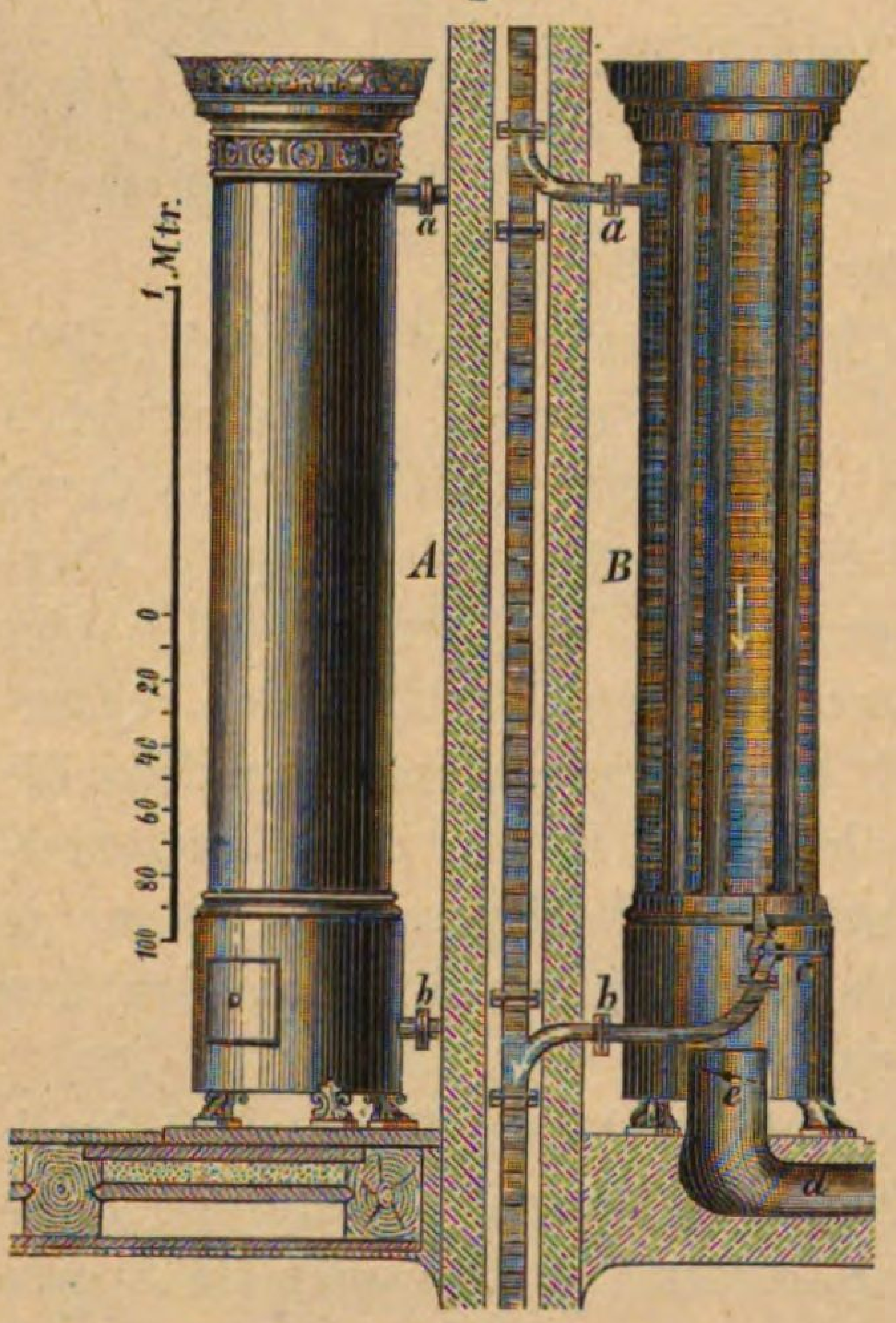
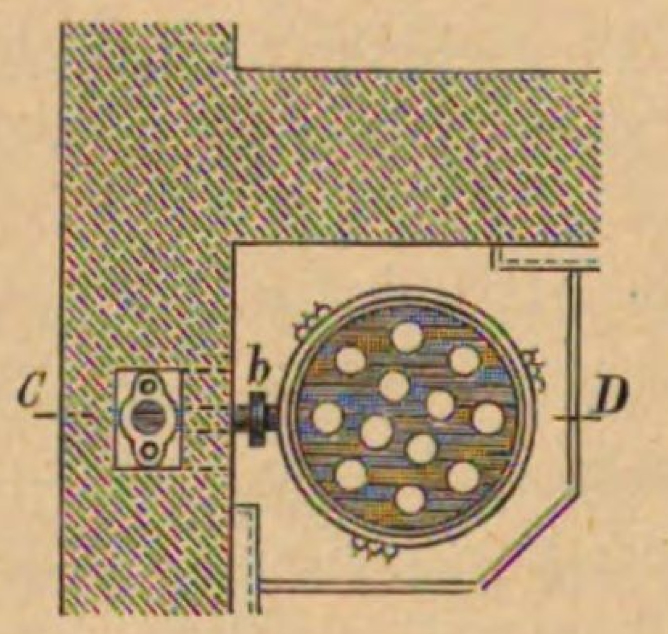


Fig. 960.



Das in der Mauer herunter geleitete Fallrohr ist durch angelöthete Stutzen *a* und *b* nach Fig. 959 mit dem Ofenmantel verbunden und strömt das warme Wasser in der Pfeilrichtung in den Ofen ein und aus, wobei das untere Ventil *c* an dem 4 Centim. weiten Abflussrohr zur Regulirung der Heizung dient. Die Verbindung der innern Röhren und des Mantels mit dem Boden eines Warmwasserheizofens ist in Fig. 14, **Blatt 17** dargestellt, wobei der Boden aus Kupferblech, Mantel und Rohre aber aus Eisen bestehen. Gewöhnlich werden alle Ofentheile inwendig verzinnt, um das Eisen gegen Rost zu schützen, und auch die Verbindungen werden mit Zinn gelöthet.

Man rechnet für 100 Cubikmeter zu heizenden Raum 4 bis 7 □Meter Wärme abgebende Ofenfläche, je nach den S. 469 erwähnten Umständen und nach der Temperatur, auf welche man das Cirkulationswasser erwärmen will. Muss zur Erzielung einer genügend grossen Heizfläche ein Ofen mehr als etwa 65 Centim. äussern Durchmesser erhalten, so wendet man für einen Raum lieber 2 kleinere Oefen, oder auch mehrere nebeneinander stehende sog. Colonnenöfen an, welche letzteren meistens in Nischen aufgestellt werden. Auch sog. **Gitteröfen** finden in demselben Falle Anwendung; diese bestehen aus schmiedeeisernen, senkrecht stehenden 8 Centim. weiten Röhren, die in 2 Reihen hinter-

einander 12 Centim. von Mitte zu Mitte entfernt stehen und oben und unten in einen gusseisernen Kasten von 23,5 Centim. Breite und 8,5 Centim. Höhe einmünden. Das Zuflussrohr für das warme Wasser befindet sich am oberen, das Abflussrohr mit Ventil zum Reguliren der Temperatur am unteren gusseisernen Kasten. Bei diesen Gitteröfen strömt das warme Wasser durch die 8 Centim. weiten Röhren, deren äussere Oberfläche giebt also die Wärme an die umgebende Luft ab. Etwas vorspringend vor der Wand, werden die Gitteröfen mit durchbrochenen Eisen- oder Zinkplatten in Holzrahmen verkleidet.

Fig. 13, **Blatt 17** giebt in $^1/_{400}$ der wirkl. Gr. den Grundriss des Erdgeschosses vom Fremdenhause der Villa **Krupp,** welches von einer Warmwasserheizung erwärmt wird. In den Räumen I sind je 2 Oefen von 55 Centim. Durchmesser mit 4 Centim. weiten Zu- und Abströmungsröhren, in den Räumen II, je 1 Ofen von demselben Durchmesser, aufgestellt. Der Raum III hat 1 Ofen von 47 Centim. Durchmesser, der Raum IV 2 Oefen von 39 Centim. Durchmesser, ebenso das Treppenhaus VII, die Räume V und VI haben je einen solchen Ofen erhalten. Der Raum VIII wird durch 3 in einer Nische stehende Colonnenöfen von je 31 Centim. Durchmesser und das Treppenhaus IX durch 4 Colonnenöfen von je 39 Centim. Durchmesser erwärmt. Die lichte Höhe dieser Räume beträgt 4,25 Meter.

In Bezug auf die Rohrleitung kann man die Warmwasserheizung in **drei** Gruppen eintheilen, entweder besteht die Rohrleitung:

1) aus **einem** Steigerohr und aus **besonderen** Zu- und Rückflussröhren der Oefen,

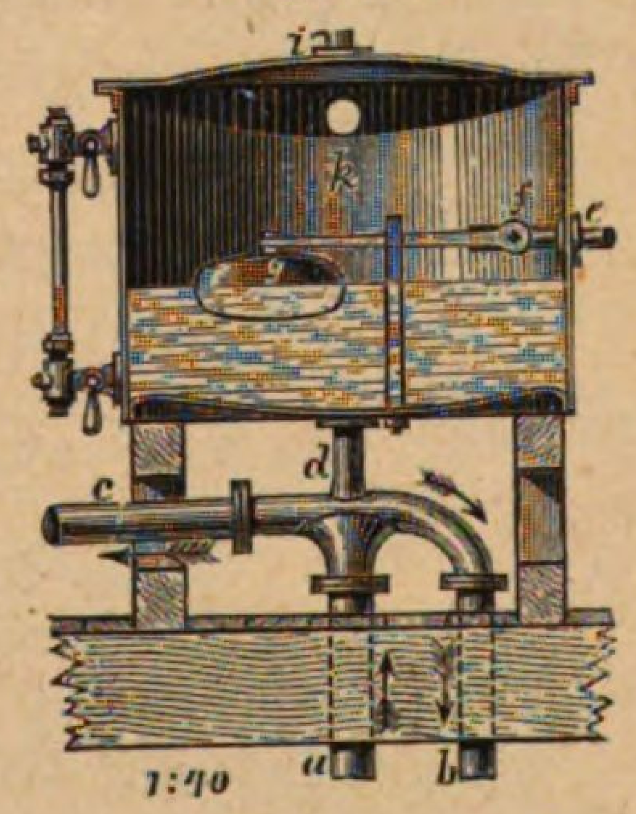
2) aus **einem** Steigerohr und aus **gemeinschaftlichen** Zu- und Rückflussröhren, oder

3) aus **mehreren** Steigeröhren, welche zugleich Zuflussröhren sind, und aus **besonderen** Rückflussröhren.

Die Anordnung ad 1 wirkt im Allgemeinen am zuverlässigsten, ist aber auch kostspieliger als die ad 2 erwähnte; diese letztere ist in Fig. 959 angewendet.

Das Steigerohr *a*, Fig. 961, wird gewöhnlich vom Kessel bis auf den Dachboden geleitet, wo es durch das Rohr *d* mit einem Wassergefässe, dem Ausdehnungsreservoir, in directer Verbindung steht. Durch das Rohr *e*, den Hahn *f* und den Schwimmer *g* wird der Wasserstand in dem Reservoir, von der Wasserleitung oder von einem höher gelegenen Reservoir her, immer auf gleichmässiger Höhe erhalten und ist der Wasserstand im Reservoir von aussen an dem Wasserstandzeiger abzulesen. Das Rohr *i* kann zur Abführung der sich in dem Ausdehnungsreservoir entwickelnden Dämpfe dienen, ist aber nicht absolut erforderlich, dagegen muss ein Ueberlaufrohr *k* angebracht werden, damit, wenn im Kessel und in den Röhren eine so starke Ausdehnung des Wassers eintritt, dass das Ausdehnungsreservoir vollständig gefüllt wird, das überflüssige Wasser aus dem Reservoir abfliessen kann.

Fig. 961.



Vom Kessel aus steigt das erwärmte Wasser also im Steigerohr *a* bis über den Dachboden, von hier gelangt es, durch die Röhren *b* und *c* nach allen erforderlichen Richtungen geleitet in die nach den Oefen führenden Fallröhren, um schliesslich unterhalb des Kellerfussbodens durch die Rückflussröhren wieder in den Kessel geleitet zu werden. Da die treibende Kraft in den Röhren, wegen des geringen Temperaturunterschiedes des aufsteigenden und rückfliessenden Wassers, nur gering ist, so muss das Steigerohr vom Kessel bis zum höchsten Punkte der Leitung beständig **steigen,** während die Rohrleitung von dem höchsten Punkte bis zum Kessel wieder beständig **fallen** muss, wenn die Leitung zuverlässig functioniren soll; horizontale Strecken sind in der Leitung durchaus zu vermeiden. Das geringste Steigungsverhältniss beträgt etwa 1 : 50. Bei **C. Heckmann** in Berlin kosten die Oefen der Warmwasserheizung ohne Ofensockel und ohne Bekrönung bei:

2,5,	3,5,	4,5,	5,0,	6,0,	7,0,	10,0,	11,0,	12,5,	15,0,	18,0	□Meter Heizfläche
120,	165,	192,	207,	231,	255,	327,	357,	405,	495,	588	Mark.

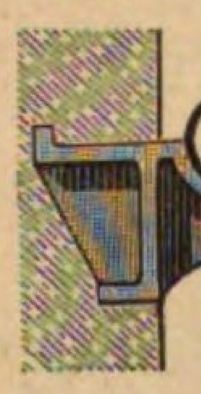
Die Ofenfüsse kosten 30 bis 60 Mark und die Zinkkrönungen 6 bis 15 Mark pro Stück. Die Durchlaufhähne kosten pro Stück separat 30 bis 40 Mark und 50 Kilogr. Kupferrohr 120 Mark.

Zu den Leitungen der Warmwasserheizungen für Wohngebäude werden sowohl kupferne wie auch schmiede- und gusseiserne Röhren angewendet; kupferne Röhren sind am dauerhaftesten, aber auch wesentlich theurer als eiserne, gusseiserne Röhren mit kupfernen Zwischenstücken für die Verbindungen dürften am meisten zu empfehlen sein.

Im Gebäude des statistischen Bureaus zu Berlin ist von **Schäffer und Walker** eine Warmwasserheizung für 2190 Cubikmeter zu heizenden Raum eingerichtet, die pro 100 Cubikmeter Raum 504 Mark kostete. Im König-Wilhelm-Gymnasium kostete die Warmwasserheizung mit gusseisernen und schmiedeeisernen Röhren für 6470 Cubikmeter zu erwärmenden Raum, pro 100 Cubikmeter Raum 445 Mark. Die für das neue Rathhaus zu Berlin von **C. Heckmann** ausgeführte Warmwasserheizung mit Kupferröhren für 59380 Cubikmeter Säle und Arbeitsräume auf 20° C., 11875 Cubikmeter Vorsäle, Garderoben etc. auf 15° C. und 12188 Cubikmeter Corridor- und Treppenraum auf 10° C. zu erwärmen, kostete 414000 Mark oder im Durchschnitt pro 100 Cubikmeter zu erwärmenden Raum rot. 504 Mark. Für kleinere Wohngebäude kosten die von **C. Heckmann** gelieferten Warmwasserheizungen mit Leitungen aus Kupferblech und eisernen Oefen aber pro 100 Cubikmeter zu heizenden Raum ca. 850 Mark.

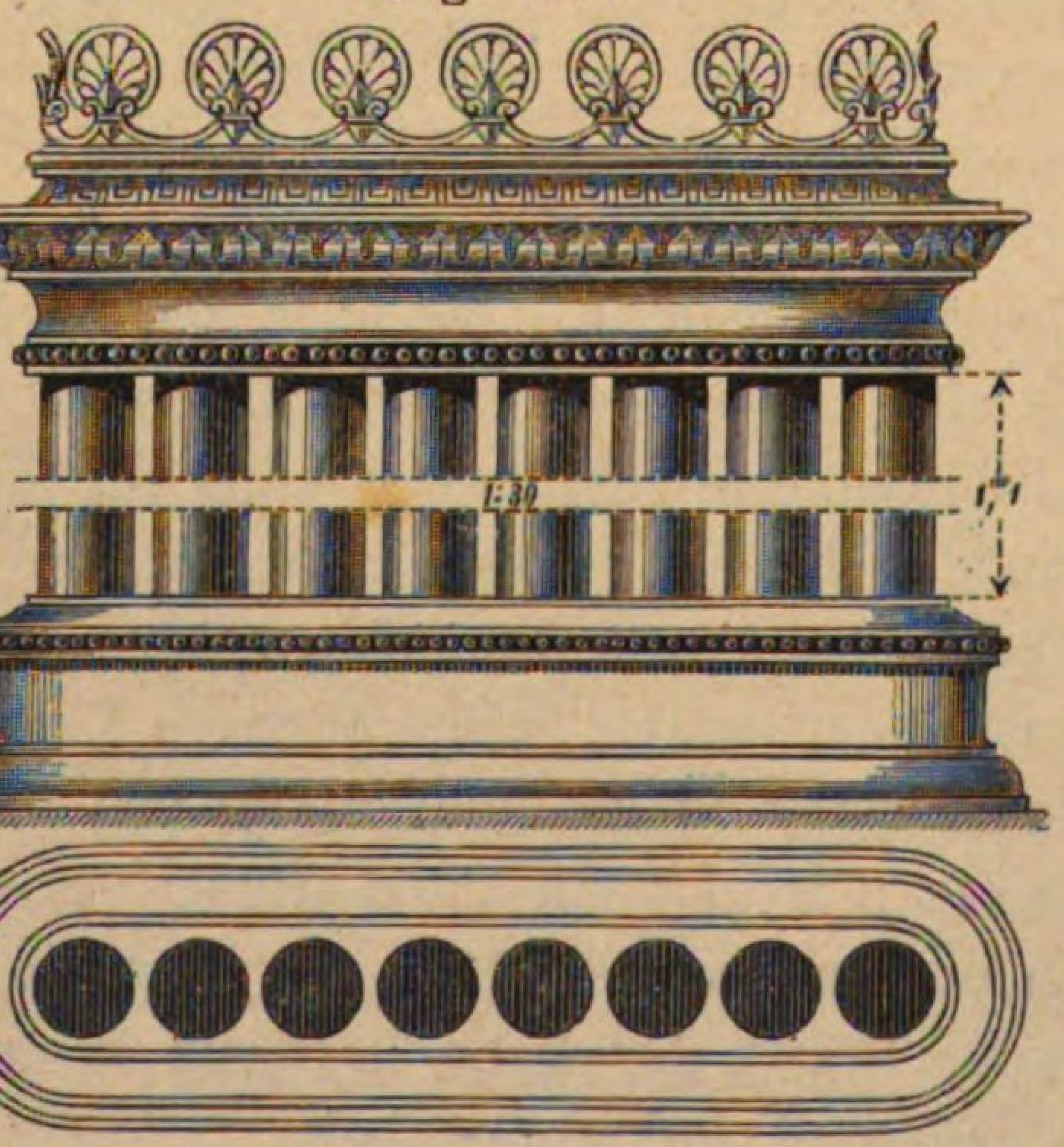
d. Die **Dampfheizung**, zuerst von **James Watt** angewendet, erfordert eine vollständige Dampfkesseleinrichtung zur Erzeugung des Wasserdampfes. Vom Kessel aus wird der Dampf durch ein Standrohr in die zu erwärmenden Geschosse eines Gebäudes geleitet und zweigen von dem Standrohr die eigentlichen Wärmeröhren ab, die nicht ganz horizontal liegen, sondern vom Standrohre an eine schwache Steigung haben, damit das sich in den Röhren bildende Condensationswasser von selbst in den Dampfkessel zurückfliesst und dem Kessel durch eine kleine Pumpe nur die geringe Wassermenge besonders zugeführt werden muss, welche durch undichten Verschluss der Röhren verloren geht. Die Wärmeröhren werden gewöhnlich aus Gusseisen hergestellt und durch Flantschen miteinander verbunden, doch sind auch gezogene Eisenblechröhren zu diesem Zwecke gut geeignet. Wenn Werkstatträume durch eine Dampfheizung erwärmt werden, führt man die Wärmeröhren in der Regel an den Umfassungswänden herum und lagert sie auf gusseisernen Consolen die mit Cement in der Mauer eingesetzt werden können, wie dies Fig. 962 andeutet.

Fig. 962.



In eleganteren Räumen, wo ein Herumführen der Wärmeröhren an den Wänden nicht gestattet ist, kann man besondere Dampfheizöfen aufstellen. Solche Oefen bestehen aus einer Anzahl vertical gestellter Röhren aus Kupfer oder Schmiedeeisen, die oben und unten in gusseisernen Gefässen dichtschliessend eingesetzt sind. Fig. 963 zeigt einen derartigen Ofen in der Ansicht und im Grundrisse vom Herrn Prof. **J. Durm** für das Vierordtbad in Karlsruhe entworfen. Eine Dampfheizung zu **Magdeburg** erwärmt 10940 Cubikmeter Raum mit 246 □Meter Heizfläche der Wärmeröhren, wonach 2,25 □Meter Heizfläche auf 100 Cubikmeter zu erwärmenden Raum kommen; man rechnet in der Regel 1,7 bis 2,3 □-Meter. Die Anlagekosten betrugen pro 100 Cubikmeter Raum rot. 300 Mark und die täglichen Heizkosten 0,225 Mark. In den Schulhäusern der Stadt **Kiel** betrugen die Anlagekosten der Dampfheizung pro 100 Cubikmeter geheizten Raumes 155 Mark und die täglichen Heizkosten 0,145 Mark.

Fig. 963.



Die Uebertragung der Wärme auf weite Strecken nach den zu erwärmenden Räumen

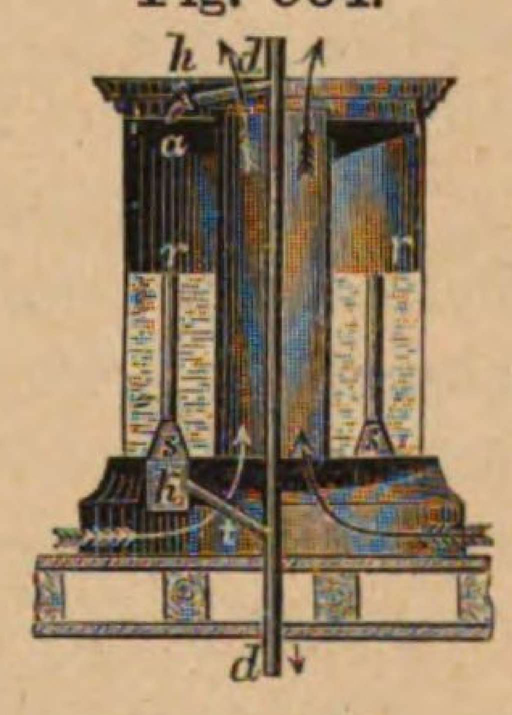
geschieht bei der Dampfheizung mit grösster Leichtigkeit in sehr vollkommener und gleichförmiger Weise, dagegen hat sie den Nachtheil, dass sie wenig Nachwärmung giebt, denn wenn die Heizung des Kessels aufhört, geben die Heizröhren nur noch so lange Wärme ab, bis der im Kessel und in den Röhren enthaltene Dampf condensirt ist.

Von den Dampfheizungen hat sich die mit geschlossener Röhrenleitung ohne Condensator aber mit Condensationsröhren in den zu heizenden Räumen am vortheilhaftesten bewährt; hierbei wird am Kessel ein Vorwärmer aufgestellt, in den das Condensationswasser aus der Leitung mit etwa 60° Temperatur zurückkehrt. An der Heizrohrleitung werden Ventile zum Auslassen der Luft und des Condensationswassers erforderlich; die letzteren Apparate sind in sehr verschiedener Weise selbstthätig construirt*); deren ausführliche Besprechung würde aber hier zu weit führen, wesshalb unten die Quellen angegeben sind, wo man die Zeichnungen und Beschreibungen dieser Apparate findet.

Die reine Dampfheizung kann nur da vortheilhaft sein, wo zum Betriebe von Hochdruckmaschinen, oder anderweitig bereits benutzter Dampf vorhanden ist, dessen Wärme zu Heizzwecken weiter verwerthet werden soll. Wenn man für die Dampfheizung frischen Dampf erzeugen muss, werden die Heizkosten wesentlich höher als bei der Warm- und Heisswasserheizung.

e. Die **Combination der Dampfheizung mit der Warmwasserheizung** wirkt schneller als die Warmwasserheizung und giebt eine mehr constante Wärme als die reine Dampfheizung; sie wurde zuerst im Jahre 1829 von den Brüdern **Henry und Charles Price** in Bristol ausgeführt. Das Dampfrohr wird vom Kessel auf den Dachboden des zu heizenden Gebäudes geführt, wo es sich in horizontaler Richtung nach Erforderniss verzweigt und dann in verticalen Strängen *d*, Fig. 964 wieder abwärts geführt wird. Nach Oeffnung des Hahnes *h* tritt der in *d* abwärts strömende Dampf bei *a* in den etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllten Ofen, streicht durch eine grössere Anzahl verticaler Rohre *r* in den auf dem Boden des Ofens befindlichen Ring *s*, um sodann durch das Rohr *t* in das Hauptrohr *d* zurückzukehren. Theilweise condensirt der Dampf an der Oberfläche des im Ofen befindlichen Wassers, wodurch das Wasser im Ofen vermehrt wird und der Ueberschuss durch die Rohre *r* in den Ring *s* abfliesst, sich in dem Kasten *k* sammelt, um von hier aus durch die Rohre *t* und *d* abgeführt zu werden. Der Dampf erwärmt zunächst die obere Hälfte des Ofens und dann vermittelst der verticalen Röhren *r* das diese umgebende Wasser in der unteren Ofenhälfte, welches als Wärmereservoir dient.

Fig. 964.



Die Zimmerluft streicht durch passende Oeffnungen im Sockel des Ofens, erwärmt sich an dem inneren Mantel desselben und strömt oben aus dem Ofen wieder aus; auf diese Weise kann auch leicht frische Luft erwärmt in das Zimmer eingeführt werden. Solche Dampf-Wasserheizungen sind in der Schweiz in Krankenhäusern und andern öffentlichen Instituten vielfach ausgeführt. Die Firma Gebrüder **Sulzer** in Winterthur liefert solche Heizungen als Specialität und hat sie bereits im Polytechnikum, in der Universität und in dem Bahnhofsgebäude zu Zürich zur Anwendung gebracht. Die Röhren zur Uebertragung der Wärme nach den Oefen erfordern nur kleine Durchmesser und geringe Wandstärke, sie werden in der vorstehend beschriebenen Weise geleitet. Die von Gebr. **Sulzer** angewendeten Oefen bestehen aus 3 concentrischen Cylindern und ist der innere Cylinder

*) **Wright Jones** Patent-Regulir-Apparat, in Erbkam's Zeitschr. f. Bauw. 1865. S. 122. — Condensationswasser-Ableiter von **Dreyer**, in Uhland's prakt. Maschinen-Constructeur 1871. S. 172. — **Baughan's** Ablassventil, daselbst 1872. S. 382. — **Berryman's** Condensationswasserhahn, in *Mechanics Magazine* 1872. S. 370. Auch *Scientific American* 1872. S. 166. — **Blessing's** Dampftopf, daselbst 1872. S. 166. — **Baker's** Condensationswasserhahn, in *Journal of the Franklin Institute* 1872. S. 148. — **Shank's** Condensationswasserhahn im *Engineering* 1871. S. 410, und in Dingler's Journal 1871. S. 90. — **Crossley** und **Hanson's** Dampfdruck-Reductionsventil, in Uhland's prakt. Maschinen-Constructeur 1873. S. 55. — Drei andere Reductionsventile, in *Technologiste* 1872. S. 417, und 1873. S. 122.

zur Erzielung der nöthigen Heizfläche mit einer grössern Anzahl von Röhren versehen, welche der Dampf durchströmt, im Uebrigen ist dieser Cylinder, wie auch der ringförmige Raum zwischen den beiden äusseren Cylindern mit Wasser gefüllt, und zwar stehen beide Wasserbehälter miteinander in Verbindung. Die Zimmerluft streicht durch den ringförmigen Raum zwischen dem inneren und dem zweiten Cylindermantel, an dessen Oberfläche sie sich erwärmt. Im Züricher Polytechnikum soll sich diese Heizung seit 9 Jahren gut bewährt haben. Der zu heizende Raum beträgt hier 48227 Cubikmeter, wozu 4 Kessel in 2 Gruppen aufgestellt sind, die durch je einen Heizer bedient werden. Für 100 Cubikmeter zu heizenden Raum haben die Anlagekosten 132 bis 240 Mark betragen und die täglichen Heizkosten sollen sich auf 0,113 bis 0,18 oder im Durchschnitt auf 0,143 Mark belaufen.

Der Dampfdruck*) im Kessel soll höchstens $^1/_2$ Atmosphäre Ueberdruck betragen, dem eine Temperatur von 112° C. entspricht, wesshalb eine Verbrennung organischer Bestandtheile der Luft nicht eintreten kann und eine Explosionsgefahr nicht zu befürchten ist. Vor Allem muss der Dampfkessel möglichst sicher, leicht zu reinigen und übersichtlich sein; aus diesem Grunde empfehlen sich einfache Cylinderkessel, höchstens mit darunter liegendem Vorwärmrohr am besten, oder auch die Sicherheits-Dampfkessel von **Walter und Co.** in Kalk am Rhein.

Der vom Kessel kommende Dampf wird durch einen kleinen Ueberhitzungsapparat geführt, damit er vom mitgerissenen Wasser befreit wird.

Die Dampf-Wasserheizung wirkt schneller als die Warmwasserheizung, giebt aber nicht so nachhaltige Wärme; dagegen kann bei der Warmwasserheizung durch Beschädigung eines Rohres eine bedeutende Ueberschwemmung eintreten, während bei dem combinirten System höchstens ein einzelner Wasserofen leer laufen kann.

f. Die **Combination der Dampfheizung mit der Luftheizung** ist im Wiener Opernhause, im neuen Krankenhause zu Magdeburg, im provisorischen Reichstagsgebäude zu Berlin etc. ausgeführt. Im Wiener Opernhause setzt eine 12pferdige im Hofe aufgestellte Dampfmaschine einen Ventilator von 3 Meter Durchmesser in Bewegung. Dieser führt frische Luft in das unterste Kellergeschoss unter dem Parquetraum, von wo dieselbe durch 12 Cylinder in den darüber befindlichen Kellerraum tritt, um darauf durch 250 Oeffnungen in den Zuschauerraum zu entweichen. Jede dieser Oeffnungen hat 23 Centim. im Quadrat und ist mit siebartig durchlöcherten Blechplatten verdeckt. Die erwähnten 12 Cylinder sind doppelwandig und strömt die vom Ventilator kommende Luft nur durch den **innern** Raum der doppelwandigen Cylinder, während durch den äussern ringförmigen Raum Luft hindurch geleitet wird, die sich im Winter an den Röhren einer im mittleren Kellergeschoss befindlichen Dampfheizung erwärmen konnte, so dass in dem obern Kellergeschoss eine Mischung von kalter und warmer Luft stattfindet. Das Verhältniss beider Luftarten kann durch Heben und Senken der glockenförmigen Deckel auf den Cylindern beliebig regulirt werden. Gleich hinter dem Ventilator zweigen 2 Seitencanäle ab, durch welche die frische Luft noch in einen hufeisenförmigen unter den Bogengängen liegenden Kellerraum gepresst werden kann. Hier sind 50 Mischkasten zur Mischung der warmen mit der kalten Luft aufgestellt; durch entsprechende horizontale Schieber kann man bewirken, dass eine Luftmischung von bestimmter Temperatur aus den Mischkasten ausströmt. Stündlich werden im Ganzen 40000 bis 120000 Cubikmeter frische erwärmte Luft in den Zuschauerraum eingeführt.

Für den grossen Sitzungssaal und das Foyer des provisorischen Reichstagsgebäudes zu Berlin wird die natürliche Bewegung der erwärmten aufsteigenden Luft und die Ansaugung kalter frischer Luft in die Heizkammern nur durch einen dünnen Luftstrom unterstützt, der in den Zuführungscanal eingeblasen wird. Die frische Luft erwärmt sich in

*) Eine durch Zeichnungen erläuterte Dampf-Wasserheizung findet man beschrieben im »Praktischen Maschinen-Constructeur 1874. S. 322.

2 Heizkammern an den Röhren einer Dampfheizung, steigt dann durch Canäle in den beiden äusseren Langwänden des Saales senkrecht empor, um in einer Höhe von ca. 9,4 Meter durch entsprechende Oeffnungen in den Saal, resp. in das Foyer zu strömen.

Statt der reinen Dampfheizung kann man auch die Dampf-Wasserheizung mit der Luftheizung combiniren.

g. Die **Combination der Wasserheizung mit der Luftheizung** wird in ganz ähnlicher Weise ausgeführt wie die vorhergehende Dampf-Luftheizung. Fig. 965 zeigt eine Modellskizze des combinirten Systems von **Joh. Haag** in Augsburg. Im Wesentlichen besteht dasselbe aus 2 Heisswasserheiz-Spiralen, von denen die untere Spirale dem directen Feuer ausgesetzt und durch Steige- und Rücklaufrohr mit der oberen Spirale verbunden ist. *a* ist das Steigerohr, *b* das Rücklaufrohr der Heisswasserheizung. Durch das Rohr *c* wird theils durch einen Ventilator, theils durch die Erwärmung des Rohres mittelst des Schornsteins *e* kalte frische Luft eingeführt, die sich an der oberen Heizspirale erwärmt und durch das Abzugrohr *d* in die zu erwärmenden Räume abgeführt wird; *f* ist die Heizthür des Ofens. Das Uebrige lässt sich aus der Fig. 965 ohne Weiteres erkennen.

Fig. 965.

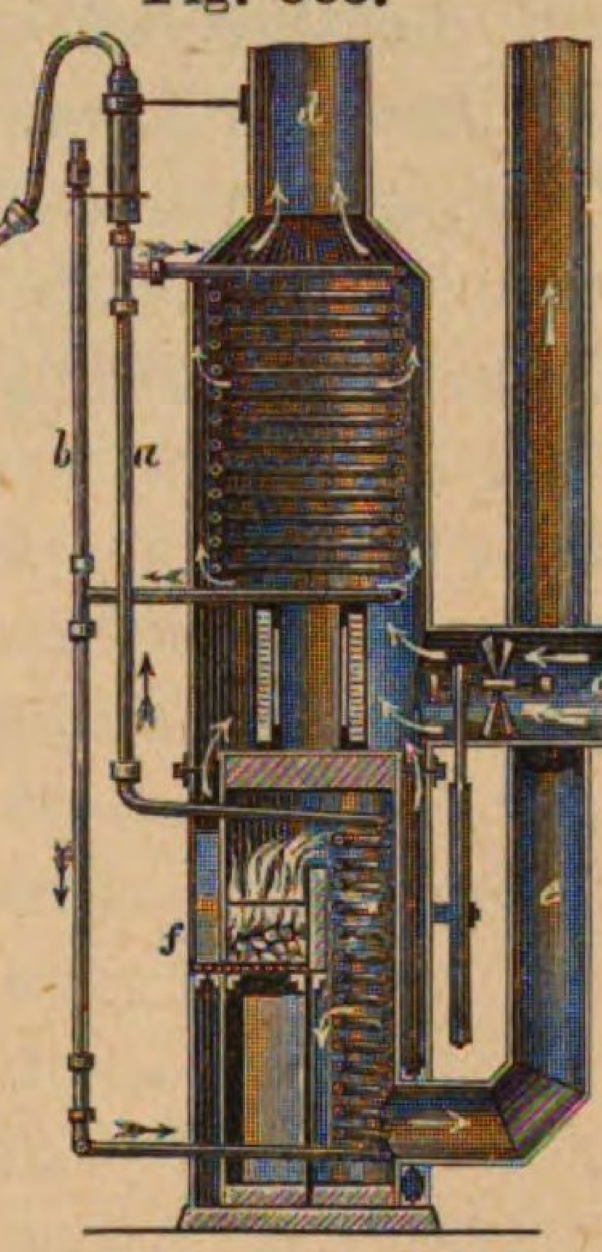
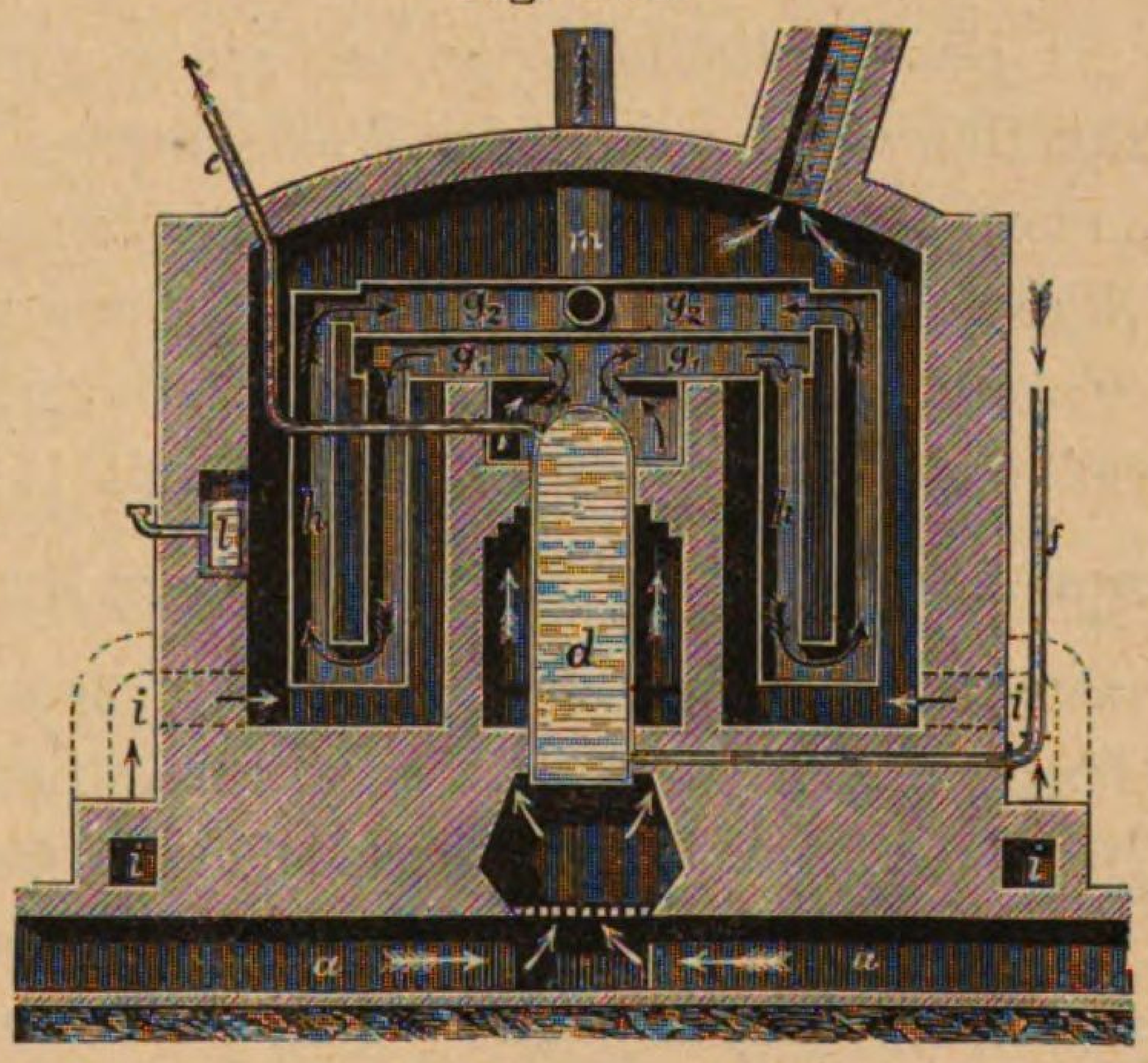


Fig. 966 giebt eine Verbindung der Warmwasserheizung mit der Luftheizung. Der hier im Verticalschnitte gezeichnete Apparat ist von **Léon Duvoir** für das Irrenhaus *Préfargier**) bei Neufchatel construirt. Die verdorbene Luft der Säle wird durch den Canal *a* dem Roste der Heizung zugeführt. Ueber dem Feuerraum steht der mit Wasser gefüllte Heizkessel *d*, mit dem das Steigerohr *e* und das Rücklaufrohr *f* verbunden ist. Die Feuergase strömen durch die um den Wasserkessel befindlichen Canäle in ein über demselben befindliches Rohr *g*, welches der Höhe nach durch eine horizontale Wand in 2 gleiche Theile getheilt ist. Von g_1 werden die Feuergase zuerst abwärts und dann wieder aufwärts durch eine grössere Anzahl quadratischer Röhren *h* nach g_2 geführt, von wo sie durch den Schornstein *m* entweichen. Durch die Canäle *i* wird dem Luftheizungsofen frische Luft zugeführt, welche sich an den verticalen Röhren *h* erwärmt und durch die Oeffnungen *k* aus dem um den Apparat gemauerten Mantel in die zu erwärmenden Räume abströmt. Damit der erwärmten Luft die erforderliche Feuchtigkeit zugesetzt werde, befindet sich bei *l* ein offenes Wassergefäss, welches von aussen gefüllt wird und woraus eine genügende Wassermenge verdampfen kann.

Fig. 966.



Das Steigerohr *e* verzweigt sich nach den Warmwasserheizöfen entfernter liegenden Räume, während die erwärmte Luft zur Heizung der näher liegenden Haupträume dient.

Die Einrichtung dieser Heizung kostete 50000 Fr. = 40000 Mark und für Brennmaterial erfordert dieselbe pro Tag 15 Fr. = 12 Mark. Man kann annehmen, dass jeder Kranke zum Wohnen und Schlafen 65 Cubikmeter Luftraum gebraucht, da nun die Anstalt für 130 Kranke bestimmt ist, so ergiebt sich ein zu erwärmender Raum von 8450 Cubikmeter, wonach die Anlagekosten der Heizung pro 100 Cubikmeter Raum ca. 475 Mark und die täglichen Heizkosten 0,142 Mark betragen.

*) Vergl. den interessanten Artikel »Studien über Krankenhäuser« vom Architekten Herrn **E. Plage** in Erbkam's Zeitsch. für Bauw. 1873. S. 437.

§. 128. Vergleichung der Centralheizsysteme in Bezug auf ihre Zweckmässigkeit.

Nach der Annahme der meisten Physiologen ist eine auf 17 bis 20 Grad C. erwärmte Luft, ungefähr zur Hälfte mit Wasserdampf gesättigt, am angenehmsten und für die menschliche Gesundheit am zuträglichsten; diese Wärme und eine relative Feuchtigkeit der Luft von 40 bis 60 % der Maximalfeuchtigkeit, findet man auch an schattigen Orten im Freien, an besonders schönen erquickenden Sommertagen. Naturgemäss muss demnach bei allen Heizungsanlagen darnach gestrebt werden, in den zu erwärmenden Räumen eine Temperatur von 17 bis 20° und eine relative Feuchtigkeit der Luft von 40 bis 60% der Maximalfeuchtigkeit zu erzielen.

Für jede Temperatur der Luft hat die in einem bestimmten Volumen derselben dampfförmig vorhandene Wassermenge ein ganz bestimmtes Maximum. Je höher die Temperatur der Luft, um so grösser ist ihre **Feuchtigkeitscapacität**, oder um so grösser ist die Menge des Wasserdampfes, welche sie bis zu ihrer vollständigen Sättigung aufzunehmen fähig ist. Steht in einem Raume die Luft mit Wasser in Berührung, so nimmt sie jene, ihrer Temperatur entsprechende Menge von Dampf auf, und nachdem sie gesättigt ist, findet keine weitere Verdampfung des Wassers mehr statt. An Feuchtigkeit vermag 1 Cubikmeter atmosphärische Luft aufzunehmen bei der Temperatur von:

— 20	Grad	Celsius	1,1	Gramm	Wasser
— 10	»	»	2,3	»	»
± 0	»	»	4,9	»	»
+ 10	»	»	9,4	»	»
+ 20	»	»	17,2	»	»
+ 30	»	»	30,2	»	»
+ 40	»	»	51,0	»	»
+ 50	»	»	82,7	»	»
+ 100	»	»	591,9	»	»

Das Verhältniss der bei einer gewissen Temperatur in einer bestimmten Luftmenge als Dämpfe **vorhandenen** Wassermenge zu derjenigen Wassermenge, welche diese Luftmenge bis zu ihrer völligen Sättigung aufzunehmen **vermag**, nennt man die **relative Feuchtigkeit** der Luft. Bei + 10° Temperatur z. B. ist ein Cubikmeter Luft mit 9,4 Gramm Wasser gesättigt; würde diese Luftmenge ohne weitere Wasseraufnahme auf 20° erwärmt, bei welcher Temperatur sie erst mit 17,2 Gramm Wasser gesättigt ist, so enthält die Luft nur $\frac{9,4}{17,2}$ oder 54,6 Procent von der Feuchtigkeit, die sie bei 20° aufzunehmen vermag, ihre **relative** Feuchtigkeit beträgt also 54,6% der Maximalfeuchtigkeit. Die Menge von Wasserdampf, welche eine gewisse Luftmenge ohne Rücksicht auf ihre Temperatur enthält, nennt man die **absolute Feuchtigkeit** der Luft.

Jede Abkühlung einer mit Wasserdampf gesättigten Luft veranlasst einen Niederschlag an Feuchtigkeit, indem sich so viel Wasserdämpfe zu Regen, Nebel, Thau, Schnee oder Eis verdichten, dass die Luft nur noch das ihrer Temperatur entsprechende Maximum von Dampf behält. Wird hingegen die Temperatur einer mit Wasserdampf gesättigten Luftmenge ohne weitere Wasserverdampfung erhöht, so ist die Luft verhältnissmässig **trocken**, indem sie dann, als wärmere Luft, nicht mehr die früher vorhandene relative Dampfmenge enthält.

Diese bekannten Sätze der Physik haben hier Platz gefunden, weil man namentlich der Luftheizung vielfach den unbegründeten Vorwurf*) gemacht hat, dass sie die Luft »austrockne«. Erlitte die durch eine Heizkammer strömende Luft irgend welchen Verlust

*) Vor einigen Jahren erschien in Nürnberg eine Schrift von **A. Hoffmann** — »Beobachtungen und Erfahrungen auf dem Gebiete der Schulgesundheitspflege«. Für Schulgemeinden und Schulfreunde. — Hierin sind die irrigen und leichtfertigen Urtheile von Prof., Aerzten, Technikern und Schulmännern etc. gesammelt, welche beweisen sollen, dass alle Luftheizungen nichts taugen. — Gerade die Luftheizungen sind für Schulen am zweckmässigsten.

an Feuchtigkeit, so müsste sich diese Feuchtigkeit irgendwo ansammeln, da die in der Luft vorhandenen Dämpfe weder verschwinden, noch sich an glühenden Heizöfen zersetzen können, weil Eisen nur mit **freiem** Sauerstoff, nicht aber mit dem gebundenen Sauerstoff der Luft eine Verbindung eingeht*). Der Feuchtigkeitsgehalt der aus der Heizkammer strömenden Luft hängt nicht im Mindesten von der Art ihrer Erwärmung oder der Beschaffenheit der Wärmequelle ab, sondern es ist ganz gleichgültig, ob die Luft langsam oder schnell, ob sie an Stein- oder Eisenflächen erhitzt; ob der Heizkörper heissen Rauch oder Dampf oder warmes Wasser enthält, ob die Heizfläche glühend ist oder nicht, ob die Luft auf 20° erwärmt wird und diese Temperatur behält, oder ob sie erst auf 100° erwärmt und dann auf 20° abgekühlt wird; ihre **absolute** Feuchtigkeit bleibt immer dieselbe, dagegen ändert sich ihre **relative** Feuchtigkeit bei diesen Vorgängen sehr bedeutend.

Lässt man Luft, die in der Heizkammer nicht weiter angefeuchtet ist, mit einer sehr hohen Temperatur in den zu erwärmenden Raum einströmen, so kann sie, da sie nicht mit Dämpfen gesättigt ist, Wasser von den anfänglich feuchten Zimmerwänden aufnehmen und dadurch sowohl relativ wie absolut feuchter werden, als wenn sie mit geringerer Temperatur, also mit geringerer Feuchtigkeitscapacität in die Räume eingeführt worden wäre. Sättigt man aber durch Wasserverdampfung in der Heizkammer die auf eine hohe Temperatur erhitzte Luft völlig mit Feuchtigkeit und lässt sie dann in die zu erwärmenden Räume eintreten, so muss sich bei der Abkühlung der Luft eine nicht unerhebliche Wassermenge auf die kälteren Mauern und Fenster niederschlagen, wodurch also übermässige Feuchtigkeit in die Zimmer eingeführt wird. Erhitzt man die Luft z. B. auf 40° C. und konnte dieselbe sich in der Heizkammer vollständig mit Feuchtigkeit sättigen, so hat 1 Cubikmeter derselben nach der vorstehenden Tabelle 51 Gramm Wasser aufgenommen; wird diese Luft nun in dem zu erwärmenden Raume auf 20° abgekühlt, so kann 1 Cubikm. derselben nur noch 17,2 Gramm Wasser enthalten, während 33,8 Gramm Wasser pro Cubikm. Luft auf Wände und Fenster niedergeschlagen werden.

Es unterliegt keinem Zweifel, bemerkt Herr Dr. **Wolpert**, dass viele Uebelstände, die man bei Luftheizungen der »Trockenheit« zuschreibt, gerade auf Rechnung der allzugrossen **Feuchtigkeit** zu setzen sind, da man in vielen Fällen, wo die Luft sicherlich schon feucht genug ist, noch mehr oder weniger grosse Wassermengen zum Verdampfen bringt. Namentlich in neuen Häusern und in stark besetzten Schulen ist die Entstehung zu grosser Trockenheit **unwahrscheinlich**, dagegen eine bedeutende Luftverschlechterung bis zur Lebensgefahr als Folge zu grosser Feuchtigkeit und dadurch begünstigter Fäulniss organischer Materien und Festhaltung von Ansteckungsstoffen der Schleimhäute etc. sehr wahrscheinlich, da Luft, Feuchtigkeit und Wärme die Factoren der Fäulniss sind.

Zum sichern Anhalt über den Feuchtigkeitsgrad der Luft kann man nur durch **Hygrometerbeobachtungen** gelangen. Zu diesen Beobachtungen eignen sich **Daniell's** Hygrometer und **August's** Psychrometer, zweckmässiger und einfacher sind jedoch die **Wolpert**'schen Procent-Hygrometer**). Dieses letztere Instrument muss eine relative Feuchtigkeit der Luft von 40 bis 60% der Maximalfeuchtigkeit anzeigen und nur wenn das Hygrometer dauernd weniger als 40% zeigt, soll man Wasser in der Heizkammer zur Verdunstung bringen. Es ist nicht einzusehen, warum man gerade bei der Luftheizung beständig Wasser verdampfen sollte, da man dies bei der Kachelofenheizung und bei der Warmwasserheizung in der Regel nicht zu thun pflegt, hierbei wird einfach die von aussen hergeleitete Luft bis auf etwa 20° erwärmt, wodurch sie doch bei einer niedrigen äusseren Temperatur unter Umständen relativ **trocken** werden muss. In nicht ventilirten Räu-

*) Vergl. den sehr interessanten Artikel »Ueber die Luftheizung« von Herrn Prof. Dr. **A. Wolpert.** Deutsche Bauzeitung 1874.

**) Prof. Dr. Carl, Theresienstrasse 43 in München, liefert Wolpert'sche Hygrometer zu 14 Mark pro Stück. — Die Theorie dieses Instrumentes findet man in der Zeitsch. des Bayr. Architekten- und Ingenieur-Vereins 1872, Heft 5 und 6.

men, worin sich Personen aufhalten erhält die Luft durch die Ausdünstung der Haut und Lunge aber ohnehin grosse Feuchtigkeit, da eine erwachsene Person durch die Perspiration von Haut und Lunge in 24 Stunden etwa 1000 Gramm Wasser abgiebt.

Die vielen und zwar berechtigten Klagen, welche vielfach über schlecht angelegte Luftheizungen laut geworden sind, haben also nicht in der »Trockenheit« der Luft ihren Grund, sondern darin, dass die Wandungen der Heizöfen Kohlensäure und Kohlenoxydgas hindurch liessen (vergl. S. 457), welche gesundheitsschädlichen Gase sich dann mit der erwärmten Luft vermischen und in die Zimmer ausströmten; ein fernerer Uebelstand trat noch dadurch hervor, dass die Sonnenstäubchen der Luft an den stark erhitzten Ofenwänden verbrennen konnten und als feine Asche die Athmungsorgane belästigten.

Für die Güte der Luft in Bezug auf ihre Zuträglichkeit für die menschliche Gesundheit giebt noch ihr **Kohlensäuregehalt** einen anderen und durchschnittlich den genauesten Maasstab. Die reine atmosphärische Luft enthält nur 0,04 % Kohlensäure und wird eine Luft mit 1 % Kohlensäure schon für gesundheits**gefährlich** gehalten. Haut und Lunge des Menschen sind aber erhebliche Kohlensäurequellen, in Räumen worin viele Personen athmen, tritt daher bald eine Luftverschlechterung durch Kohlensäureanhäufung ein, wenn nicht für **reichlichen Luftwechsel** gesorgt wird. Bei 0,3 % Kohlensäuregehalt hat die Luft schon einen eigenthümlich unangenehmen Geruch, den man namentlich in schlecht ventilirten Schulräumen, wo viele Schüler zusammengedrängt sind, und die Kohlensäure sich oft bis zu 0,9 % anhäuft, stark verspüren kann; nach **Degen** verschwindet dieser Geruch erst vollständig bei 0,05 % Kohlensäuregehalt.

Wenn nun in Räumen, die stark mit Personen besetzt sind, auch noch die Luftheizungen Kohlensäure, oder gar Kohlenoxydgas abgeben, so muss sich, wenn nicht reichliche Ventilation stattfindet, die Luft bald bis zu einem Grade verschlechtern, der Kopfschmerzen, Schwindel und viele andere krankhafte Zustände herbei führen kann. Die mangelhafte Construction und Ausführung vieler Luftheizungen darf man aber durchaus nicht dem Systeme zur Last legen, da in neuerer Zeit eine grosse Zahl von Luftheizapparaten ausgeführt wurde, die allen Anforderungen entsprechen, welche man an eine gute Heizeinrichtung stellen kann. Mit keinem andern Heizsysteme ist in so einfacher und ausgiebiger Weise eine wirksame Ventilation zu verbinden, wie mit der Luftheizung, und bei keinem andern System findet desshalb eine gleichmässigere Durchwärmung der Räume statt, wozu noch der wesentliche Vortheil kommt, dass man durch die Luftheizapparate im Sommer die Zimmerluft um einige Grade **abkühlen** kann; nach einem Berichte des Generals **Morin** wurde im Hause des Gesetzgebenden Körpers zu Paris die Luft in den unterirdischen Zuleitungscanälen beinahe um 10° abgekühlt, so dass es nöthig wurde, vor ihrer Einleitung in die Räume eine Erwärmung derselben vorzunehmen, oder direct aufgefangene Luft beizumischen. Im Winter dagegen fand eine erwünschte Erwärmung der Luft um etwa 5° durch diese unterirdischen Canäle statt.

Die leise Luftbewegung in den durch zweckmässig angelegte Luftheizung erwärmten Räumen macht die Zimmerluft der angenehmen Sommerluft im Freien, wo nie vollkommene Windstille herrscht, noch ähnlicher. Dagegen hat die Erfahrung*) gelehrt, dass die Gleichmässigkeit der Wärme, welche die vielgepriesenen und sehr kostspieligen Warmwasserheizungen ergeben, für die menschliche Gesundheit keineswegs erspriesslich ist.

Als Regeln für die zweckmässige Construction der Luftheizungen kann man etwa die folgenden aufstellen:

1) Der **Kaltluftcanal** ist so anzulegen, dass der Wind keine schädliche Wirkung auf die Lufteinströmung ausüben und nur **reine** Luft in den Canal gelangen kann; dass ferner die durch den Canal strömende Luft niemals mit dem Grundwasser, mit schlechter Bodenluft, mit faulenden Körpern etc. in Berührung kommt und nur geringen Reibungswiderstand in dem Canal findet. Hierbei ist zu bemerken, dass die frische Luft nicht aus

*) Vergleiche: Miss **Florence Nightingale**, »Erfahrungen über Krankenhäuser«.

bedeutender Höhe, sondern dicht über dem Erdboden entnommen werden kann, da sich nach Dr. **B. Credé** bei der Ventilation des Parlamentsgebäudes zu London zeigte, dass die Luft in ziemlicher Höhe dieselbe Beschaffenheit hatte, wie die auf dem Erdboden.

2. Der **Heizofen** oder die Calorifère, kann aus Chamotte, aus Gusseisen, oder aus beiden Materialien gemeinschaftlich hergestellt werden. Die Wandstärke der Gusseisentheile darf nicht zu schwach sein und muss der Ofen eine genügend grosse Heizfläche erhalten, damit derselbe nicht so stark erhitzt zu werden braucht, dass die in der Luft schwebenden feinen organischen Substanzen (Sonnenstäubchen) **versengen** oder in einer die Luft verderbenden Weise verändert werden könnten. Alle Ofentheile sollen leicht übersichtlich sein, damit man sich bequem überzeugen kann, dass nirgend Verbrennungsgase ausströmen, sondern alle Theile vollständig dicht sind und keine zu hohe Temperatur haben. Aus diesen Gründen sind solche Heizofen bei denen die Lufterwärmungsröhren von der Feuerluft **umspielt** werden, nicht zu empfehlen. Der Ofen soll ferner so eingerichtet sein, dass er ausserhalb der Heizkammer geheizt und gereinigt werden kann, damit die Heizkammer so viel wie möglich vor Staub und Russ geschützt wird. Luftdichte Heiz- und Aschenfallthüren sind sehr zu empfehlen, auch empfiehlt sich für Luftheizöfen das Fallsystem mit continuirlichem Brande ganz besonders. Am Ofen ist eine Vorrichtung zum Wasserverdampfen anzubringen, doch soll nur dann Gebrauch von dieser Vorrichtung gemacht werden, wenn das **Wolpert**'sche Hygrometer dauernd weniger als 40% relative Feuchtigkeit anzeigt.

3. Die **Heizkammer** muss durch eine dichtschliessende Thür (Doppelthür) leicht zugängig und gross genug sein, so dass man den Ofen auch bei der stärksten Heizung besichtigen kann. Zurückführung der Luft aus den erwärmten Räumen nach der Heizkammer (Circulationsheizung) ist für Wohnräume, Schulen, Krankensäle etc. durchaus unzweckmässig, solche Räume sollten nur mit Ventilation geheizt werden. Die aus der Heizkammer abströmende Luft soll eine Temperatur von 30 bis 40° haben.

4. Die **Steigecanäle** der warmen Luft erhalten einen solchen Querschnitt, dass die Geschwindigkeit der Luft darin etwa 2 bis $3^1/_2$ Meter pro Secunde beträgt. Die Einführung der warmen Luft in die zu heizenden Räume geschieht im Allgemeinen am günstigsten in der Nähe der Decke, weil die einströmende warme Luft vermöge ihrer höheren Temperatur leichter ist und doch immer erst bis zur Decke empor steigt (vergleiche S. 469), sich dort in horizontalen Schichten ausbreitet und durch Abkühlung an den Umfassungswänden allmälig zu Boden sinkt, so dass die beständig nachströmende warme Luft immer die oberste Schicht bildet und einen leichten Druck auf die unteren Luftschichten ausübt. Daher wird die verdorbene Luft am zweckmässigsten in der Nähe des Fussbodens abgeführt, indem hierdurch die oberen wärmeren Luftschichten rascher nach unten sinken. Würde man die Ventilationsöffnungen auch in der Nähe der Decke anbringen, so würde gerade die wärmste Luft direct entweichen und der Raum liesse sich nur schwer oder gar nicht erwärmen.

Die Räume im Erdgeschosse eines Gebäudes sind bei Luftheizungen gewöhnlich am schwersten gleichmässig zu erwärmen, weil ein grosser Theil der warmen Luft durch die Decke in das darüber liegende Stockwerk entweicht, dieses somit beheizt, während der Fussboden im Erdgeschosse von unten keine Wärme erhält. Hier dürfte es daher zweckmässig sein, die Einströmungsöffnungen der warmen Luft niedriger anzubringen, aber immer noch etwas über Kopfhöhe, damit sich die warme Luft in horizontaler Richtung im Raume ausbreiten kann, ohne stark fühlbare Luftbewegung hervorzubringen. Von erheblicher Wichtigkeit ist die Bestimmung der Stellen, wo die warme Luft in den zu beheizenden Raum einströmen soll, vielfach hängt dies von der Localbenutzung ab, jedenfalls müssen aber die Ventilationsöffnungen möglichst in den entgegengesetzten Wänden von den Luftausströmungen liegen.

Gut schliessende Doppelfenster sind für die Erwärmung und Ventilation eines Raumes

von grossem Nutzen, da eine erhebliche Menge warme und zugleich reine Luft durch schlecht schliessende Fenster nutzlos verloren geht.

Sehr zweckmässig ist es in allen Fällen, wenn man für jedes Stockwerk eines Gebäudes eine vollständig für sich bestehende Heizungs- und Ventilationseinrichtung ausführen kann.

In Bezug auf die Anlagekosten und auf die täglichen Heizkosten mögen nun einige Heizungen unter den annähernd gleichen Verhältnissen mit einander verglichen werden. Im neuen Rathhause zu Berlin sind im Ganzen durch Warmwasserheizung 83440 Cubikmeter Raum zu erwärmen, wobei die Anlagekosten pro 100 Cubikmeter Raum 504 Mark betrugen. Die Erwärmung von 100 Cubikmeter Zimmerraum und 10 Cubikmeter Corridorraum kostete einschliesslich des Heizerlohnes im Durchschnitt täglich 0,111 Mark. Im Gebäude des statistischen Bureaus zu Berlin betrugen die Anlagekosten der Warmwasserheizung bei 2190 Cubikmeter zu erwärmendem Raum, nach Herrn **Hesse**, pro 100 Cubikmeter Raum rot. 550 Mark und die täglichen Heizkosten durchschnittlich 0,166 Mark; ebenso hoch waren auch die Heizkosten in der dortigen Staatsdruckerei.

Die Luftheizungsanlagen im Empfangsgebäude des Niederschlesisch-Märkischen Bahnhofes zu Berlin kosteten nach Herrn **Sendler** incl. Canäle und den erforderlichen Absperrschiebern bei 17130 Cubikmeter zu erwärmenden Raum 16494 Mark, oder pro 100 Cubikmeter 96 Mark und die täglichen Heizkosten betrugen für denselben Raum im Durchschnitte incl. Heizerlohn 0,102 Mark in 24 Stunden (es wurde hier Tag und Nacht geheizt). Die Anlagekosten der Warmwasserheizung im Rathhause und diejenigen dieser Luftheizung verhalten sich also wie 504 : 96 oder wie $5^1/_4 : 1$, wozu noch die wesentlich geringeren Heizkosten kommen. Man sieht hieraus wie vortheilhaft die Luftheizung sich gegenüber der Warmwasserheizung herausstellt; die Unterbringung beider Heizungen in Gebäuden dürfte etwa gleich schwierig sein.

Nach Herrn **Sendler** kostete die Kachelofenheizung im Verwaltungsgebäude der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn zu Berlin pro 100 Cubikmeter zu erwärmenden Raum und pro Tag bei 8 Stunden Bureauzeit im Durchschnitt 0,262 Mark. Im neuen Anatomiegebäude zu Berlin betrug der Coaks-Verbrauch bei eisernen Schacht-Coaksöfen (die Oefen wurden von **Crimping und Behrend** pro Stück zu 81 Mark geliefert und hatten 23,5 Centim. Durchmesser) nach Herrn **Hesse** pro 100 Cubikmeter zu erwärmenden Raum 0,125 Mark excl. Heizerlohn. Die Anlagekosten eiserner Einzelöfen stellen sich etwa halb so hoch als Central-Luft-Heizöfen, dagegen sind aber die Heizkosten der eisernen Einzelöfen mindestens doppelt so hoch als die der Luftheizung. Bei ausgedehnten 1 stöckigen Gebäuden z. B. bei Krankenhäusern nach dem Pavillon-System wird man demnach besser eiserne Einzelöfen, bei mehrstöckigen Gebäuden dagegen besser Luftheizungen anwenden.

Wenn man von den combinirten Heizungen absieht, wären noch die Heisswasserheizung und die Dampfheizung in Bezug auf Anlagekosten und auf die täglichen Heizkosten mit der Luftheizung zu vergleichen. Die Luftheizung im Empfangsgebäude des Niederschlesisch-Märkischen Bahnhofes zu Berlin, für die Bureauräume allein, erwärmt 1280 Cubikmeter Raum und kostet 2391 Mark, oder pro 100 Cubikmeter 190 Mark, wofür die durchschnittlichen Heizkosten 0,134 Mark pro Tag (24 Stunden) betragen. Im neuen Verwaltungsgebäude derselben Bahn haben die Anlagekosten der Heisswasserheizung für 7690 Cubikmeter auf 20° C. zu erwärmende Bureauräume pro 100 Cubikmeter Raum 390 Mark und die durchschnittlichen Heizkosten 0,094 Mark pro Tag (höchstens 12 Stunden) betragen. Im Berliner Stadtgerichte kostete die Heisswasserheizung bei 4280 Cubikmeter zu erwärmendem Raum pro 100 Cubikmeter Raum 400 Mark und die täglichen Heizkosten beliefen sich durchschnittlich auf 0,108 Mark. Von einer Dampfheizung in Magdeburg werden 10940 Cubikmeter Raum erwärmt; die Anlagekosten derselben betrugen nach Herrn **Hesse** pro 100 Cubikmeter zu erwärmenden Raum 303 Mark und die Heizkosten durchschnittlich pro Tag 0,226 Mark. In den Schulhäusern der Stadt Kiel haben die

Anlagekosten der Dampfheizung pro 100 Cubikmeter zu erwärmenden Raum 155 (?) Mark und die Kosten des durchschnittlich pro Tag verbrauchten Brennmaterials 0,121 Mark betragen. Da bei der obigen Luftheizung Tag und Nacht, bei den übrigen Heizungen aber nur 8—12 Stunden täglich geheizt wurde, so sprechen die vorstehenden Daten sehr laut zu Gunsten der Luftheizung.

II. Ventilation.

§. 129. Geschichtliche Vorbemerkungen über Ventilation.

Als im Jahre 1750 in den Gefängnissen Londons das Gefängnissfieber wöchentlich 6 bis 7 Opfer forderte und auch plötzlich der Lordmayor, sowie zwei Richter und mehrere andere Beamte vom *Old Baily* dieser Seuche erlagen, wurde Dr. **Hales** beauftragt, den Gesundheitszustand in den Gefängnissen von *Newgate* durch Zuführung frischer Luft zu verbessern; die Ventilation dieser Gefängnisse hatte zur Folge, dass die Sterbefälle sich auf 1 pro Monat verminderten.

Es waren also zuerst die von der Gesellschaft ausgestossenen Verbrecher für deren Gesundheit man so vortrefflich sorgte, während noch jetzt in den grossen Krankenhäusern von London, Birmingham, Liverpool und Manchester die Sterblichkeit nach Miss **Nightingale** nicht weniger als ca. 90% beträgt. In dem Hospital Hotel-Dieu zu Paris sterben etwa 8% der Wöchnerinnen am Kindbettfieber und im Wiener-Entbindungshause steigt die Sterblichkeit in den Wintermonaten auf 10%, im Jahre 1861 auf 19%. Die Gebärklinik des allgemeinen Krankenhauses zu Wien wurde 1862 von Herrn Dr. **Böhm** mit einer Ventilation durch Mantel-Coaksöfen versehen, wodurch nach einem Berichte des Herrn Dr. **Braun** sich die Sterblichkeit von 3% auf 0,5% verminderte, ohne die Regie-Kosten zu erhöhen.

Nach dem italienischen Feldzuge hatte sich in den österreichischen Spitälern zu Verona eine Sterblichkeit von 75% gezeigt; dadurch dass ein Wiener Arzt die Energie hatte, sämmtliche Fenster herausnehmen zu lassen, so dass die Kranken Tag und Nacht dem Luftzuge ausgesetzt waren, sank die Sterblichkeit auf wenige Procente. Diese Daten zeigen deutlich, dass die vorstehenden hohen Sterblichkeitsziffern nur dem ungenügenden Luftwechsel zugeschrieben werden müssen, was auch in den letzten Kriegen genügend bestätigt ist, denn seit man die von den Amerikanern entlehnten, zweckmässig construirten Baracken-Lazarethe angewendet hat, ist durch den reichlichen Luftwechsel der Ausbruch verheerender Epidemien verhindert. In den Baracken, welche für die Verwundeten im Krimmkriege aufgestellt wurden, hat die Sterblichkeit nur 3% betragen. Die sanitären Vortheile, welche die Baracken gewähren, beruhen hauptsächlich in der Wirksamkeit der Firstventilation (vergl. Fig. 324 S. 160), die in Verbindung mit den geöffneten Fenstern einen so energischen und reichlichen Luftwechsel ermöglicht, wie er kaum durch die beste künstliche Ventilation hervorgebracht werden kann. Diese natürliche Ventilation ist aber nur bei milder Witterung anwendbar, an kalten Tagen muss auch in den Baracken eine künstliche Ventilation in Thätigkeit treten.

Es giebt noch heute Fachleute, die jede künstliche Ventilation verwerfen und durch Oeffnen von Thüren und Fenstern den Ventilationsbedürfnissen Genüge leisten wollen; zu diesen Personen gehört auch Miss **Nightingale** *), die sich entschieden gegen jede Art künstlicher Ventilation erklärt, sie will in den Krankensälen an 2 entgegengesetzten Seiten, nach Ost und West, Fenster angebracht wissen und nur durch Oeffnen der Fenster Ventilation hergestellt haben. Für die englischen Camine hat sie eine warme Empfehlung, obgleich diese bei der gewöhnlichen Ausführung doch eine eigentliche Ventilation (Zuführung reiner Luft) nicht hervorbringen können.

Bei der Erbauung von Schulen, namentlich Volksschulen, hat man erst in neuester Zeit angefangen der Ventilation mehr Aufmerksamkeit zu schenken; in solchen Räumen

*) Vergl. **Miss Nightingale** »Bemerkung über Spitäler« übersetzt von Dr. **Senftleben.**

herrschte oft eine für Lehrer und Schüler lebensgefährliche Luft. Herr Dr. **Breiting** untersuchte im Auftrage der Behörde die Luft in einem Schulzimmer zu Basel; der Raum hatte 252 Cubikmeter Inhalt, 10,5 □Meter Fenster- und Thürfläche und war von 64 Kindern besucht. Morgens vor Beginn des Unterrichts enthielt die Luft 0,221% und Nachmittags gleich nach Schluss der Schulstunden 0,936% Kohlensäure. In dem neuen Schulhause in der Louisenstrasse zu München untersuchte Herr Prof. Dr. v. **Pettenkofer** im December 1867 Nachmittags gegen Schluss der Schulstunden die Luft und fand in einer hohen und geräumigen schwach besetzten Mädchenklasse bei Anwesenheit von 69 Schülerinnen einen Kohlensäuregehalt von 0,375%; dagegen fand er in dem neuen Schulhause in der Frauenstrasse zur selben Nachmittagszeit in einer mit 83 Mädchen besetzten Klasse bei 18° C. Temperatur eine geruchlose Luft mit nur 0,2% Kohlensäure, obgleich diese Mädchen durchschnittlich 2 Jahre älter waren und somit mehr Kohlensäure producirten. Der Grund hiervon lag in der zweckmässigen Heiz- und Ventilationsvorrichtung; es war Luftheizung von **Boyer & Consorten** zu Ludwigshafen mit Pulsions-Ventilation vorhanden.

§. 130. Erforderliche Menge der frischen Luft.

Nach §. 128 ist die Luft für die menschliche Gesundheit am zuträglichsten, wenn sie auf 17 bis 20° C. erwärmt und in diesem Zustande zur Hälfte mit Wasserdämpfen gesättigt ist, also pro 1 Cubikmeter ca. 8 Gramm Wasser enthält, wobei sie an Reinheit der reinen atmosphärischen Luft möglichst nahe kommen soll. Die letztere enthält nach **Schädler** 0,0006 Volumtheile, nach neueren Untersuchungen aber nur 0,0004 Volumtheile = 0,04% Kohlensäure. Es ist nun zwar nicht anzunehmen, dass die Kohlensäure allein die Luftverderbniss veranlasst, in vielen Fällen werden jedenfalls andere Miasmen unabhängig von der Kohlensäure in der ausgeathmeten Luft vorhanden sein, hierüber haben die Untersuchungen noch keine sicheren Resultate ergeben; man nimmt daher jetzt an, dass mit Anhäufung der Kohlensäure eine Luftverschlechterung eintritt und dass durch entsprechende Zuführung frischer und Abführung der verdorbenen Luft die von der Kohlensäure unabhängig vorhandenen Miasmen mit abgeführt werden.

Bei 0° C. Temperatur und 76 Centim. Barometerstand athmet ein erwachsener Mensch täglich ca. 500 Liter Kohlensäure aus, die sich bei 20° C. zu ca. 535 Liter ausdehnen (vergl. die Anmerkung S. 450). Das specifische Gewicht der Kohlensäure ist = 1,5291, wenn die Dichtigkeit der atmosphärischen Luft bei 0° Temperatur, 76 Centim. Barometerstand und einem Gewicht von 1,293 Kilogr. pro Cubikmeter = 1 gesetzt wird. Die ausgeathmete Luft enthält ca. 4% Kohlensäure, wonach die obigen 535 Liter Kohlensäure in $535 \cdot {}^{100}/_{4}$ = 13375 Liter*) = 13,375 Cubikmeter ausgeathmeter Luft enthalten sein müssen. Diese mit 4% Kohlensäure geschwängerte Luft darf den Lungen in diesem Zustande nicht wieder zugeführt werden; man kann die Luft aber als genügend rein betrachten, wenn sie nur noch 0,1% Kohlensäure enthält, es muss also so viel frische Luft zugeführt werden, dass der Kohlensäuregehalt der Mischung nur noch 0,1% beträgt. Nimmt man an, dass die reine atmosphärische Luft nach dem Obigen 0,0004 Volumtheile = 0,04% Kohlensäure enthalte und bezeichnet m die ausgeathmete Luftmenge in Cubikm. und M die zuzuführende reine atmosphärische Luftmenge, so ist der Kohlensäuregehalt der ausgeathmeten Luft $= \frac{4m}{100}$, und der Kohlensäuregehalt der frischen Luft $= \frac{0{,}04M}{100}$; soll also die Mischung nur 0,1% enthalten, so hat man die Gleichung:

*) Nach Prof. Dr. v. **Pettenkofer** beträgt die Luftmenge, welche ein erwachsener Mensch in 24 Stunden ein- und ausathmet im Durchschnitt 9000 Liter. — Nach Angaben der Generalärzte **Roth** und **Lex** in- und exspirirt ein erwachsener Mann bei gewöhnlicher Athmung im Durchschnitte ½ Liter Luft und erfolgen in einer Minute durchschnittlich 17 Respirationen, was in 24 Stunden 12240 Liter oder 12,24 Cubikmeter ergiebt.

$\frac{4m}{100} + \frac{0{,}04M}{100} = \frac{0{,}1\,(m+M)}{100}$, oder: $4m + 0{,}04\,M = 0{,}1\,(m+M)$, und hieraus:

$$M = 65\,m \qquad (303)$$

Da nach dem Vorstehenden die ausgeathmete Luftmenge $m = 13{,}375$ Cubikm. ist, so müssen innerhalb 24 Stunden für einen gesunden erwachsenen Menschen $M = 65 \times 13{,}375 = 869{,}375$ oder rund 870 Cubikmeter reine atmosphärische Luft zugeführt werden, wenn der Kohlensäuregehalt der Luft nur 0,001 Volumtheile betragen soll; dies macht pro Stunde rund 36 Cubikmeter.

In Krankensälen ist die durch Ausdünstungen der Krankenbetten, der Verbände etc. herbeigeführte Luftverderbniss nach **Poumet** ebenso hoch und nach **Oppert** gar doppelt so hoch anzuschlagen, als jene, welche durch Respiration und Transspiration verursacht wird. Prof. Dr. **v. Pettenkofer** verlangt desshalb pro Stunde und Bett eine Luftzuführung von 60 Cubikmeter, während französische Aerzte 100, und für aussergewöhnliche Fälle sogar 130 Cubikmeter Luftzuführung pro Stunde und Bett beanspruchen. Die letzteren Forderungen hat **van Hecke** in den Neubauten des Hospitals Necker zu Paris erfüllt; hier ist Luftheizung in Verbindung mit Pulsions-Ventilation eingerichtet und wird die eingetriebene Luft auf 15°.C. erwärmt. Im Rudolf-Spital zu Wien hat Herr Dr. **Böhm** pro Stunde und Bett 47 Cubikmeter Luft mit ca. 0,3 Meter Geschwindigkeit eingeführt.

General **Morin** empfiehlt die Zuführung der folgenden Luftmengen für 1 Person pro Stunde:

in Hospitälern für gewöhnliche Kranke	60	Cubikmeter
» » » Verwundete	80	»
» » in Zeiten von Epidemien	130	»
» Werkstätten und Fabriken	60 bis 100	»
» gewöhnlichen Wohnräumen, Bureaus etc.	10 bis 15	»
» Theatern	30 bis 50	»
» Schulen	10 bis 30	»
» Kasernen	30	»
» Schlafsälen der Kasernen	30 bis 50	»
» Gefängnissen	30 bis 50	»
» Pferdeställen pro Pferd	200	»
Für jede Gasflamme rechnet man pro Stunde ca.	30	»
Viehställe erfordern nach Dr. **Märker** in Göttingen:		
für 1000 Kilogr. Grossvieh	60 bis 100	»
» 1000 » Kleinvieh	80 bis 100	»

§. 131. Mittel zur Ab- und Zuführung der Luft, oder Systeme der Ventilation.

Die Mittel, welche man zur Abführung der verdorbenen Luft aus den zu ventilirenden Räumen und zur Zuführung der entsprechenden reinen Luftmenge anwendet, sind folgende:

a. In den Wänden werden Canäle angebracht, durch welche die Luft in natürlicher Weise, der innern und äussern Temperatur entsprechend, aus- und einströmen kann; solche Canäle können separirt für Aus- und Einströmung der Luft, oder für beide Zwecke abwechselnd dienen. (System Dr. **Böhm**.)

b. In den Wänden oder in der Decke liegen Abzugcanäle oder Saugessen, welche durch Gasflammen oder durch besondere Feuerungen erwärmt werden und dadurch die verbrauchte Luft zum Abzug bringen, während die reine Luft durch besondere Canäle in den Raum einströmt.

c. Die Luft in den Zuströmungscanälen wird durch Luftheizöfen oder durch Wasser- oder Dampfheizröhren erwärmt, wodurch kältere Luft von aussen angesaugt und in den Raum eingeführt wird. Die verbrauchte Luft des Raumes strömt vermöge ihrer höheren

Temperatur durch besondere Canäle in den Wänden ab, oder es können auch noch die ad *b* erwähnten erwärmten Saugessen angewendet werden.

d. Man wendet einen durch Maschinenkraft betriebenen Ventilator an, der entweder die verdorbene Luft aus den vereinigten Abzugscanälen **absaugt** (**Aspirationssystem**), oder der die frische Luft in die Zuströmungscanäle **eintreibt** (Impulsions- oder **Pulsionssystem**). Dieses letztere Ventilationssystem ist das wirksamste und zuverlässigste.

Ventilationsanlagen müssen vor Allem so eingerichtet werden, dass die ventilirten Räume **zugfrei** sind, damit die Gesundheit der in den Räumen befindlichen Personen nicht durch Zugluft gefährdet wird. Bei den Heiz- und Ventilations-Versuchen in einem Pavillon des neuen städtischen Krankenhauses zu Berlin strömte die erwärmte Ventilationsluft aus grossen Oeffnungen im Fussboden in der Mitte des Saales aus*). Der warme Luftstrom stieg rasch bis zur Decke, breitete sich hier aus und sank dann ziemlich langsam und gleichmässig allmälig bis zum Fussboden herab, wo alsdann die Absaugung an den Aussenwänden durch zahlreiche Oeffnungen stattfand. An schwebenden Flaumfedern liessen sich die Richtungen und die Geschwindigkeit der Luftbewegung deutlich wahrnehmen; es wurde bemerkt, dass der rapid aufsteigende warme Luftstrom durch den langsam herabsinkenden hindurchdrang und so beide dicht nebeneinander sich bewegten, **ohne** dass eine gegenseitige Beeinflussung in Wirbeln oder eine Verminderung der Geschwindigkeiten ihrer sich berührenden Grenzschichten sich erkennen liess (vergleiche S. 487).

Mr. **Tobins** in Leeds hat ebenfalls die Beobachtung gemacht, dass ein aus einem Rohre ausströmender Luftstrahl sich durchaus nicht rasch mit der umgebenden Luft vermengt, sondern dass er nahezu unverändert seinen Weg verfolgt, bis er auf einen festen Körper stösst, von dem er abgelenkt wird. Erst dann tritt eine Vertheilung des Luftstromes und eine Vermischung mit der umgebenden Luft ein. Lässt man also in einen Raum aus einem verticalen Rohre Luft ausströmen, so bewegt sich diese aufwärts und afficirt die umgebende Luft so wenig, dass in geringer Entfernung seitwärts kein Zug mehr zu bemerken ist. An der Zimmerdecke angelangt, wird der Luftstrahl jedoch abgelenkt, breitet sich aus und sinkt, wenn er eine geringere Temperatur besitzt, langsam im Zimmer abwärts. In einem Polizeigerichtssaale zu Leeds hat Mr. **Tobins** unter dem Fussboden 3 horizontale Rohre verlegt, welche an ihrem einen Ende mit der äusseren Atmosphäre in Verbindung standen, im Saale, an Stellen wo kein Verkehr stattfand, aber 3 aufrechte Rohrstücke von 13 Centim. Weite und 1,2 Meter Höhe trugen; durch diese Ansatzrohre stieg nun ein Luftstrom auf, so lebhaft, dass er Flaumfedern oder Wollstückchen mitriss, ohne dass er in geringer Entfernung davon Zug verursachte; diese Lufteinführung ist ähnlich wie bei den Warmwasseröfen Fig. 959.

Im Sitzungssaale des provisorischen Reichstagsgebäudes zu Berlin sind die Abströmungsöffnungen über den ganzen Saal derartig vertheilt, dass der Abfluss der verdorbenen Luft überall gleichmässig und im Ganzen unmerklich erfolgt und doch sind zuweilen Beschwerden wegen eines auf einzelnen Sitzplätzen an verschiedenen Stellen des Saales fühlbaren Zugwindes laut geworden; es ergab sich dann immer, dass einer oder der andere der 10 Luftströme, durch welche die Heizung und zugleich die Ventilation bewirkt wird, auf einen zu geringen Temperaturgrad erwärmt war. Hierbei zeigte sich, dass innerhalb der auf 17 bis 19° C. erwärmten Luftmasse des Saales ein schmaler, in sich abgeschlossener kalter Luftstrom von etwa 1 □Meter Querschnitt sich gebildet hatte, welcher, in **schräger** Richtung von oben nach unten herabfliessend, noch in einer Entfernung von ca. 20 Meter von der Zuströmungsöffnung an einer einzelnen Stelle von geringer Ausdehnung sich empfindlich bemerkbar machte. Aehnliches fand auch in der Bank des Kassenvereins statt, wo die Ventilationsluft durch die Röhren einer Wasserheizung erwärmt wird. Bei unzureichendem Betriebe der Ventilationsheizung strömte statt erwärmte, kalte Luft durch

*) Vergleiche den Artikel: »Die Bank des Berliner Kassenvereins« von Herrn **Gropius und Schmieden.** Erbkam's Zeitsch. f. Bauw. 1873. S. 103.

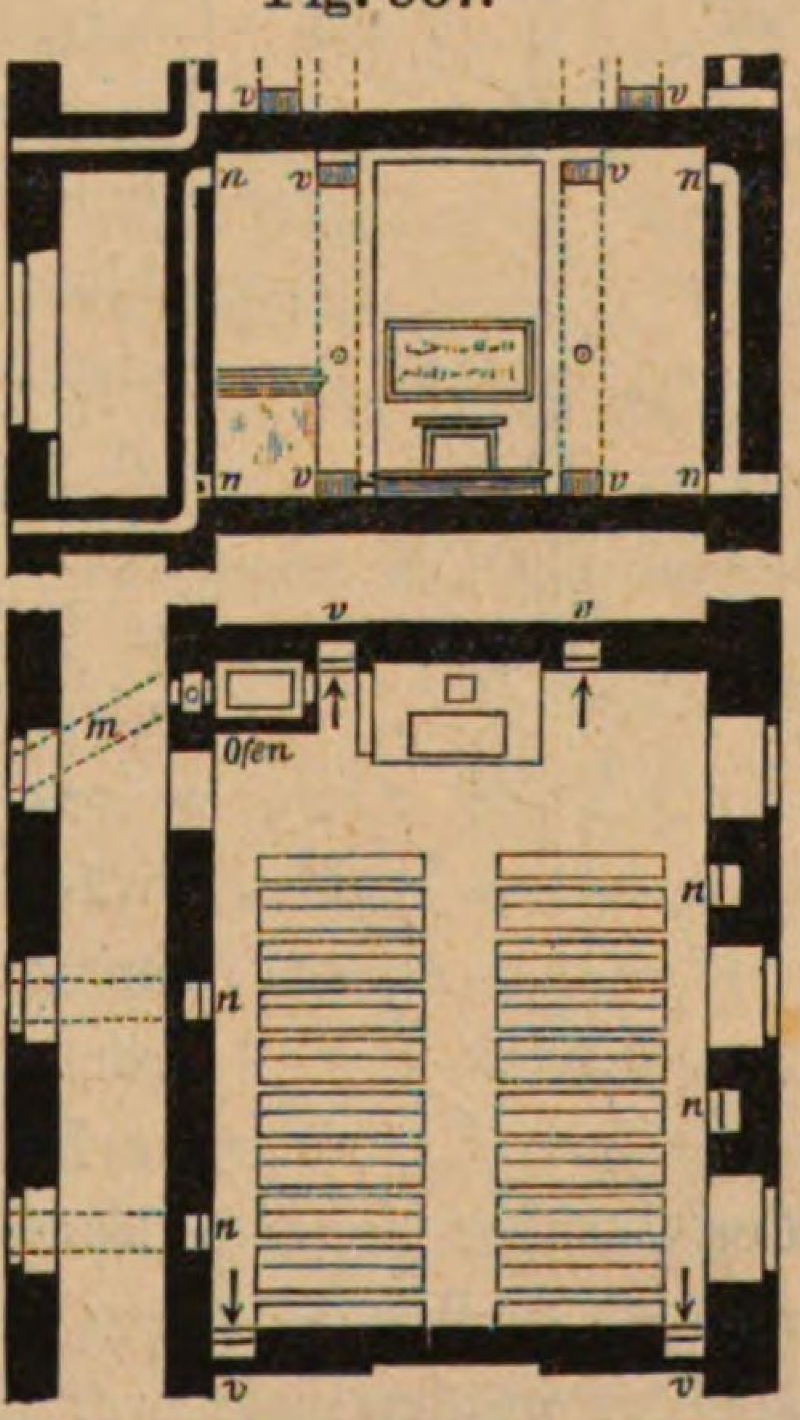
die Canäle aus den in einer Höhe von 1,9 Meter gelegenen Oeffnungen. Die in sich eng begrenzten Ströme machten sich auf eine weite Entfernung hin fühlbar und nahmen ihre Richtung von den Ausströmungsöffnungen nach den am Fussboden befindlichen Absaugeöffnungen, indem sie zuerst auf den Boden herabsanken und dann auf demselben entlang flossen. Sobald die Ventilationsluft genügend erwärmt war, verloren sich diese Luftströmungen.

Auch in dem Hause des Gesetzgebenden Körpers zu Paris*) sind während der Sitzungsperiode 1869—70 unaufhörliche Klagen einiger Deputirten über Zug vorgekommen, obgleich die Luft aus den in Summa 18 □Meter grossen Oeffnungen mit nur 0,28 bis 0,56 Meter Geschwindigkeit pro Sec. ausströmte und die Ausströmungsöffnungen sich mindestens 16 Meter von den Sitzen entfernt befinden. **Morin** glaubt durch Anwendung von Lichtflammen und Anemometer-Beobachtungen nachgewiesen zu haben, dass das Gefühl von Zugluft auf Einbildung und Vorurtheil beruhte. Nach den in Berlin gemachten Erfahrungen werden die Klagen über Zug aber wohl begründet gewesen sein, denn die Abströmungsöffnungen der verdorbenen Luft befinden sich in den Verticalflächen der amphitheatralischen Sitzreihen, während die Zuflussöffnungen der durch Calorifères erwärmten Luft über den Gesimsen und in einigen Deckenfeldern angebracht sind. Wenn die Luft aus diesen Oeffnungen zufällig theilweise kalt ausströmte, konnten sich also leicht eng in sich begrenzte Ströme in der Richtung nach den Abflusscanälen bilden, wodurch die Deputirten belästigt wurden. Zur Ventilation dienen hier erwärmte Saugessen in denen im Sommer eine Temperatur von ca. 60° bei der äusseren Temperatur von 29° unterhalten wurde. Die Temperatur im Sitzungssaale betrug im Frühjahre und Herbst, zu Anfang 18° und zu Ende der Sitzung 20 bis 22° C., im Winter 20° und im Sommer 3° weniger als die äussere Temperatur, indem die in den Saal eingeführte Luft durch die unterirdischen Zuleitungscanäle und Caloriféres aus Ziegelsteinen beinahe um 10° abgekühlt wurde.

Eine Luftabkühlung von einigen Graden ist nach Baurath **Römer** auch im Empfangsgebäude der Niederschlesisch-Märkischen Bahn zu Berlin durch die Calorifères und deren Leitungen im Sommer erzielt worden, trotzdem die Räume eine nach Süden gerichtete Lage hatten.

Ventilationssystem *a*. Im Wesentlichen beruht dieses von Herrn Dr. **Böhm** in Wien angewendete System auf der Verschiedenheit der Lufttemperatur im Innern eines Raumes gegen jene der äussern Atmosphäre. Fig. 967 zeigt die Anwendung des Systems zur Ventilation eines für 90 Knaben bestimmten Schulzimmers im Querschnitt und im Grundrisse. Am Fussboden desselben münden 4 Canäle *n* die mit der äusseren Luft in Verbindung stehen und reine Luft ins Zimmer einführen, zeitweilig aber auch verdorbene Luft nach aussen ableiten. Diese 4 Canäle *n* sind auch in den Wänden bis unter die Zimmerdecke emporgeführt. Die 4 Canäle *v* haben sowohl am Fussboden wie auch unter der Decke Einströmungsöffnungen und dienen zur Abführung der verdorbenen Luft, welche sie direct bis über das Dach leiten. Wenn nun die Luft im Innern des Raumes wärmer ist als die äussere Atmosphäre, so strömt sie durch die Canäle *v*, wenn diese geöffnet sind, und entweicht oberhalb des Daches ins Freie. In dem Maasse wie durch die Canäle *v* Luft aus dem Raume abströmt, wird reine Luft durch die Canäle *n* in das Zimmer eingeführt. Damit Niemand

Fig. 967.



*) General **Morin** giebt hierüber einen ausführlichen Bericht. *Comptes rendus de l'Académie Bd. LXXIII. S.* 5. — *Bulletin du Musée de l'Industrie* 1871. *S.* 228.

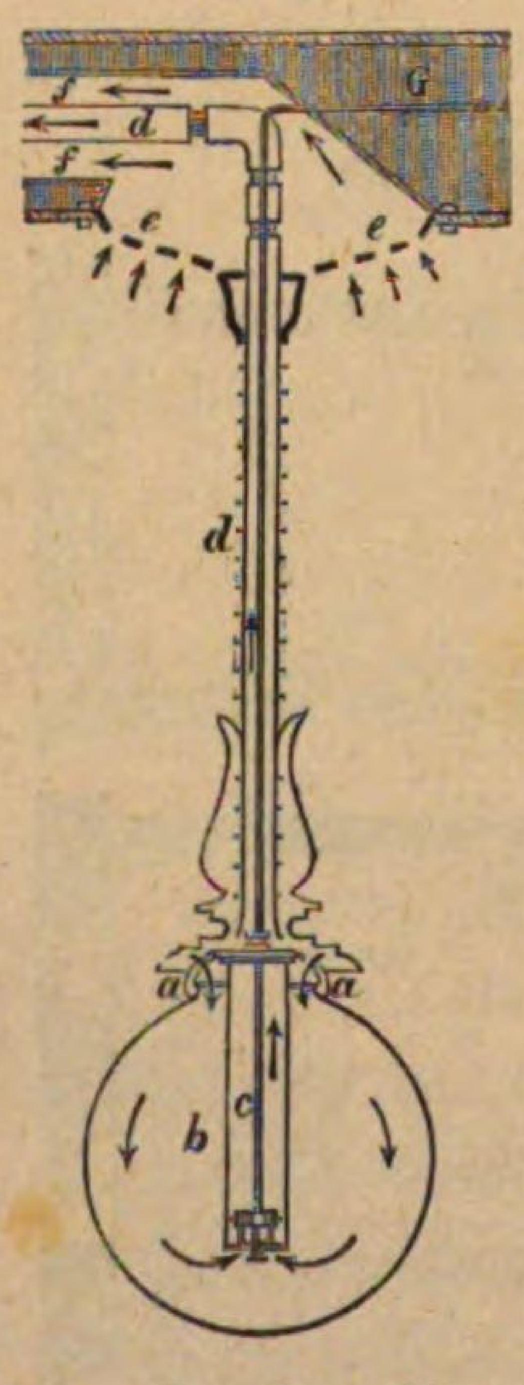
durch die einströmende Luft belästigt wird, sind gewöhnlich die Oeffnungen *n* am Fussboden geschlossen, so dass die Luft nur unter der Decke eintreten kann. Dagegen sind von den Abzugscanälen *v* die unteren Einströmungen geöffnet, wodurch veranlasst wird, dass die frische Luft, bevor sie entweichen kann, erst den Raum von oben nach unten durchströmen muss.

Im Falle der Winddruck auf die Oeffnungen der Canäle *n* in einer Umfassungsmauer einwirkt, wird die frische Luft in diese Oeffnungen eingetrieben und die dabei entgegengesetzt liegenden Canäle *n* können dann unter Umständen sich als Abströmungscanäle wirksam zeigen. Aehnliches findet statt, wenn die Sonne eine der Umfangsmauern, worin die Canäle *n* liegen, erwärmt. Zur Beobachtung der Richtung und Stärke der Strömung in den Canälen werden Anemometer so in die Canäle eingesetzt, dass deren Zeiger in dem zu ventilirenden Raum leicht sichtbar sind; je nachdem in den Canälen Strömungen nach oben oder unten vorkommen, werden dann die Ventilationsklappen geöffnet oder geschlossen.

Zur Winterzeit, wo die Luft durch die Canäle *v*, wegen der grossen Temperaturdifferenz zwischen der innern und äussern Luft, jedenfalls rapid abströmt, kann man die reine Luft nicht durch die Canäle *n* eintreten lassen, ohne erheblichen Zug zu verursachen. Es ist desshalb noch ein Canal *m* angebracht, der frische Luft nach dem mit einem Mantel umgebenen Heizapparate führt, aus dem die Luft dann erwärmt in das Zimmer strömt. In dem Falle Fig. 967 haben die Canäle je 0,2 □Meter Querschnitt. Sieht man von der Winterventilation bei diesem System ab, so tritt als Nachtheil desselben hervor, dass man die Bewegungen der Luft nicht genügend in der Gewalt hat, sondern die Strömungen benutzen muss, wie sie sich grade gestalten und nur durch Stellung der Ventilationsklappen zu heftige Strömungen vermindern, aber keine Strömungen hervorrufen kann.

Ventilationssystem *b* (auch Aspirationssystem genannt). Hierbei wird die verdorbene Luft möglichst nahe an der Quelle ihrer Verderbniss in den Abzugcanälen erwärmt, wodurch sie specifisch leichter wird und durch die Canäle in die äussere Atmosphäre abströmt. Zur Erwärmung der Luft können Gasflammen, Schornsteine, besondere Feuerungen, sowie Dampf- und Wasserheizröhren dienen. Fig. 968 giebt die Anordnung eines derartigen Abzugcanals, der durch die Wärme einer Gasflamme in Betrieb gesetzt wird. Aus der Zimmerdecke tritt ein Gasrohr *G* in eine etwa 5 Centim. weite Röhre *d*, die ziemlich tief in das Zimmer hinabreicht. Die Gasröhre endigt unten in einen Argandbrenner, der von einem Glascylinder *c* und einer Glaskugel *b* umschlossen ist; letztere wird an der oberhalb des Cylinders zu einem Halsstück erweiterten Röhre *d* so aufgehängt, dass die Zimmerluft bei *a* in die Glaskugel gelangen und die Verbrennung des Gases unterhalten kann. Durch den Cylinder *c* strömen die heissen Verbrennungsgase in das Rohr *d* von wo sie nach einem Camin abgeführt werden. Das horizontale Stück des Ableitungsrohres *d* liegt in einem entsprechend weiten Canal *f*, die darin befindliche Zimmerluft wird also durch *d* erwärmt und strömt in der Richtung der Pfeile ab, so dass immer neue Zimmerluft durch die Oeffnungen der Rosette *e* in den Canal *f* nachströmt, um wieder abgeführt zu werden. Zugleich dient der Canal *f* zur Isolirung des Rohres *d* von dem umgebenden Holzwerke und kann der darüber liegende Fussboden dadurch, dass man den Canal *f* mitAsche oder mit anderen schlechten Wärmeleitern umgiebt, in genügender Weise gegen den Einfluss der Wärme geschützt werden; sicherer dürfte es aber sein, wenn man den Fussboden oberhalb des Luftcanals aus Schiefer etc. herstellt. Der Apparat kostet bei einer Flamme ca. 50 Mark, er lässt sich auch unschwer für mehrere Glaskugeln construiren und decorativ reicher ausstatten.

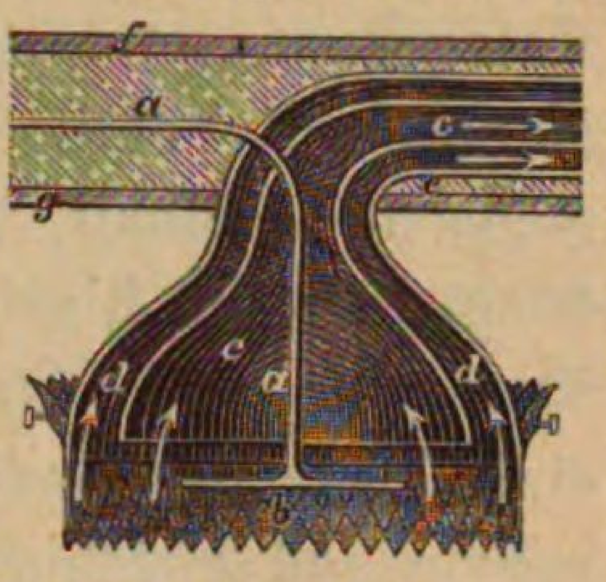
Fig. 968.



Ein anderer derartiger Ventilations- und zugleich Beleuchtungsapparat ist der in

Fig. 969 dargestellte **Sonnenbrenner**. Bei demselben ist *a* das Gasrohr an dessen unterem Ende ein Ring *b* die Gasbrenner aufnimmt, *c* ein innerer Trichter aus Metall zur Abführung der Verbrennungsgase und *d* ein äusserer decorirter Trichter zur Isolirung des Trichters *c* und zur Abführung der verdorbenen Luft aus dem zu ventilirenden Raume. *e* und *g* ist die Zimmerdecke, *f* der Fussboden des darüber liegenden Geschosses, der oberhalb des heissen Luftcanales aus Stein hergestellt wird. Der Sonnenbrenner ist vielfach zu Ventilationszwecken angewendet; seine Nachtheile bestehen in dem sehr starken Gasconsum wegen der weiten Entfernung der Lichtquelle von dem Orte, welcher beleuchtet werden soll, und in der schwierigen Anbringung, weil die heisse Luft sich nicht leicht zwischen den Balken hindurch nach den Canälen in den Wänden führen lässt, indem die Hitze so gross ist, dass kein hölzerner Fussboden darüber halten würde, man daher entsprechende Friese aus Schiefer oder anderen Steinplatten einlegen muss; reicht der erleuchtete Raum bis zum Dachboden, so fällt der letztere Uebelstand natürlich weg.

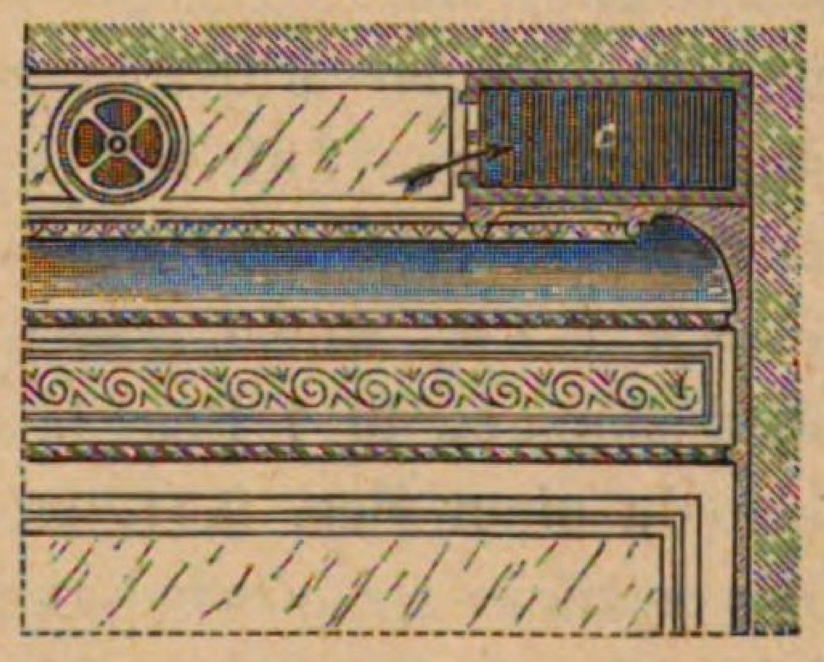
Fig. 969.



Der in Fig. 968 dargestellte Apparat gewährt durch die weiter in das Zimmer hinabreichende Flamme eine bessere Beleuchtung als der Sonnenbrenner und dürfte bei entsprechender Anordnung auch einen besseren Nutz-Effect geben; Gasexplosionen sind bei demselben vermöge seiner Einrichtung unmöglich gemacht.

Die Auditorien der polytechnischen Schule zu Aachen werden durch eine mittelst Gasflammen erwärmte Saugesse ventilirt (siehe die Anmerk. S. 148). In den unteren Etagen liegen die Abzugscanäle *c*, deren Querschnitt Fig. 970 zeigt, in den Deckengesimsen, für die oberste Etage aber auf dem Dachboden. Diese Canäle *c* bestehen aus einem Brettkasten, welcher erst mit Strohlehm umwickelt, dann mit Segeltuch umzogen und wieder mit Strohlehm umwickelt wurde; sie nehmen die verdorbene Luft der Auditorien mittelst durchbrochener Rosetten auf und führen dieselbe einer grossen 95 Centim. weiten gemauerten, über dem Dache ausmündenden Saugesse zu, in der oben eine Anzahl Gasflammen auf einem ringförmig ausgeführten Gasrohr brennen, um die Luft zu erwärmen und zum Abzug zu bringen. Vor Einmündung der Canäle in die Saugesse ist in denselben eine Drosselklappe zur Regulirung des Zuges angebracht.

Fig. 970.



Für ein Auditorium, welches 200 Hörer fasst, ist der Luftbedarf pro Kopf und Stunde zu 8 Cubikmeter angenommen, es sind also stündlich $8 \cdot 200 = 1600$ Cubikmeter fortzuschaffen. Damit die abziehende Luft im Auditorium keinen Zug verursacht, also die Luft nicht mit zu grosser Geschwindigkeit abströmt, hat man für dieselbe in der Saugesse eine Geschwindigkeit von 1,25 Meter pro Sec. angenommen und darnach die in der Esse erforderliche Temperatur bestimmt. Das Hauptrohr *c* muss demnach beim Eintritt in die Saugesse einen lichten Querschnitt von $\frac{1600}{60 \cdot 60 \cdot 1{,}25} = 0{,}355$ □Meter = 3550 □Centim. haben und hiernach erhält jede der 10 Stück Lufteinströmungsrosetten einen freien Querschnitt von 355 □Centimeter. In den unteren Geschossen haben die Hauptabzugscanäle auf ihrer ganzen Länge gleiche Weite erhalten, für den Canal des obersten Geschosses, der auf dem Dachboden liegt, sind aber die Querschnitte nach der Anzahl der einmündenden Rosetten bestimmt. Bezeichnet *n* die Anzahl der vom Anfange des Canals bis zu einer beliebigen Stelle desselben vorkommenden Rosetten, so muss sein freier Querschnitt an dieser Stelle $= n \, . \, 355$ □Centim. sein.

Die Zuführung der frischen Luft geschieht durch jalousieartige Glasscheiben im Oberlichte der Fenster, welche von unten aus stellbar sind, ausserdem strömt die frische Luft aber noch durch Schlitze unter den Fensterbänken ein; diese letzteren Einströmungen können durch Schiebervorrichtungen, ähnlich jenen über den Fenstern der Eisenbahn-

rauchcoupées verschlossen werden. Ein Nachtheil bei dieser Ventilationseinrichtung ist es jedenfalls, dass die frische Luft **kalt** in die Räume einströmt; da hier Heisswasserheizung vorhanden ist, so wäre eine Lufteinströmung nach Fig. 945 zweckmässiger gewesen.

Ein Saal im obern Stockwerke des Gebäudes der technischen Fortbildungsschule zu Kaiserslautern*) wird durch 2 **Wolpert**'sche Füllöfen (Fig. 904 S. 458) wovon einer mit Mantel und Ventilation eingerichtet ist, erwärmt und ventilirt. Der Saal hat 440 Cubikmeter Rauminhalt, 2 grosse Fenster gegen Norden und 6 Fenster gegen Osten. Herr Dr. **Wolpert** stellte hier am 12. Dec. 1869 im Beisein der pfälzischen Kreisgesellschaft eine Ventilationsprobe an, bei der nur der Mantelofen geheizt war und obgleich dieser in einer Ecke des Saales steht, war doch die Temperatur in demselben eine sehr angenehme und gleichmässige. Bei einer äussern Temperatur von 3° C. zeigte in Kopfhöhe ein ganz nahe am Ofenmantel hängendes Thermometer $22^1/_2{}^0$, ein 2. in der nordöstlichen Ecke der Umfassungsmauern, dem Mantelofen in einer Entfernung von mehr als 16 Meter diagonal gegenüber, 21°. Die Luft war vollkommen geruchlos, obgleich der Ventilationscanal geschlossen war. Dieser befand sich am Fusse der Saalwand neben dem Ofenmantel, er hatte eine 34 Centim. im Quadrat grosse Einströmungsöffnung und mündete im Dachraum mit dem russischen Rohre des Mantelofens zusammen in einen besteigbaren 44 Centim. im Quadrat weiten Schornstein, der über dem Dache einen Wolpert'schen Rauch- und Luftsauger von 40 Centim. Rohrweite trug.

Die frische Luft wurde durch einen Canal von 25 × 40 Centim. Querschnitt zugeführt, der an der hintern Seite des Ofenmantels mündete und mittelst eines Schiebers abschliessbar war. Dieser Canal hatte seine Einströmungsöffnung im Sockel des Gebäudes und war in der Mittelmauer emporgeführt. Nach dem Oeffnen des Abführungscanals für die verdorbene Luft wurde die Geschwindigkeit der Luftströmung in der Canalmündung mittelst eines Flügel-Anemometers gemessen. Die Formel für dieses Anemometer war $v = a + bn$, wobei $a = 0{,}18086$ Meter, $b = 0{,}10506$ Meter und n die Anzahl der Flügelumdrehungen in 1 Sec. bezeichnet. In 100 Sec. betrug die Zahl der Umdrehungen 911, also in einer Sec. 9,11, woraus sich die Geschwindigkeit pro Sec. zu 1,14 Meter ergiebt. Die mittlere Geschwindigkeit war jedenfalls grösser, da das Anemometer auf die Bodenleiste der Oeffnung gestellt war, wo die hemmenden Einwirkungen der Contraction und Reibung bedeutend sein mussten. Man konnte auch deutlich wahrnehmen, dass die Flügel sich schneller drehten, wenn man das Anemometer höher hielt, doch ist der folgenden Rechnung, die für den ungünstigsten Stand berechnete Geschwindigkeit zu Grunde gelegt. Der Querschnitt der Oeffnungen ist $0{,}34 \times 0{,}34 = 0{,}1156$ □Meter, folglich das in der Sec. abströmende Luftquantum $0{,}1156 \times 1{,}14 = 0{,}132$ Cubikmeter, was pro Stunde $60 \times 60 \times 0{,}132 = 475$ Cubikmeter ergiebt.

Setzt man für die Höhe des Saales 4 Meter, so beträgt die Grundfläche desselben 110 □Meter und rechnet man für jeden Schüler 1 □Meter Grundfläche, so fasst der Saal 110 Schüler, demnach würden hier pro Kopf und Stunde $^{475}/_{110} = 4{,}3$ Cubikmeter Luft abgeführt und durch reine warme Luft ersetzt. Der durchschnittliche Aufwand an Gascoaks für Heizung und Ventilation betrug ca. 7 Kilogr. pro Tag und pro 100 Cubikmeter Raum.

Wenn besondere Heizeinrichtungen für Zugessen erforderlich werden, so empfiehlt sich die in Fig. 907 dargestellte Anordnung.

Im Parlamentsgebäude zu London nimmt man die frische Luft aus einem der 4eckigen Höfe des Gebäudes und ehe sie in den Saal gelangt, wird sie gereinigt, angefeuchtet und nöthigenfalls erwärmt. Abgeführt wird die verdorbene Luft durch eine Esse, in der fortwährend ein Coaksfeuer brennt. Auch von den Sonnenbrennern, den Küchen und Aborten wird die verdorbene Luft durch eine 61 Meter hohe Esse abgeführt. Die Kosten

*) Zeitschrift des Bayerischen Architekten- und Ing.-Vereins 1871. S. 43.

für die Ventilation, Heizung und Beleuchtung dieses Gebäudes beliefen sich im Jahre 1871 auf ca. 100000 Mark.

Das Krankenhaus der Georgs-Marien-Hütte bei Osnabrück, für 32 Betten eingerichtet, wird nach **Scharrath's** *) System geheizt und ventilirt. Die Abführung der verbrauchten Luft geschieht durch eine gemauerte Saugesse von 0,3 □Meter Querschnitt, in dessen Innern sich ein 0,3 Meter weites gusseisernes Rohr befindet, welches für verschiedene Feuerungen als Schornstein dient. Wenn diese Feuerungen des Nachts und im Sommer nicht im Gange sind, wird ein im Souterrain stehender besonderer Ofen zur Erwärmung der Saugesse geheizt. In der Längenrichtung der Krankenzimmer sind Holzkasten unter der Decke angebracht, in denen sich ein 25 bis 40 Millim. weiter Längenschlitz befindet, durch den die verdorbene Zimmerluft in den Kasten einströmt; die Enden dieser Abzugcanäle münden in der Saugesse. An der entgegengesetzten Seite der Zimmer ist eine bis zur Fensterbrüstung reichende Holzbekleidung in 40 Millim. Abstand von der Wand angebracht, welche auf je 8 Centim. Länge einen Sägenschnitt von 2 bis 3 Millim. Breite enthält. Der Raum hinter dieser Holzbekleidung steht mit einem gemauerten Canale in Verbindung, der im Winter erwärmte, im Sommer kalte Luft zuführt, die durch 76 Sägenschnitte mit geringer Geschwindigkeit in das Zimmer fliesst, also sehr gleichmässig vertheilt wird, so dass nirgend eine merkliche Zugluft vorkommen kann. Die Heizvorrichtungen für 600 Cubikmeter Raum bestehen aus 2 Heizkammern mit 5 Oefen, die auf 100 Cubikm. zu heizenden Raum 7 □Meter Heizfläche und nur 0,06 □Meter Rostfläche haben. Die Anlage soll sich nach amtlichem Gutachten bewährt haben. Eine im Prinzip ähnliche Ventilationseinrichtung wie die von **Scharrath** hat der Fabrikant **Langen** **) in Köln in seinem Wohnhause ausgeführt. Hier wird die frische Luft durch eine Oeffnung in der Umfassungsmauer mittelst eines rechteckigen Blechrohrs längs der Fussbekleidung ins Zimmer geleitet. Für ein Zimmer von 96 Cubikmeter Inhalt hat das Blechrohr 5 $\times$ 13 Centim. Querschnitt, dasselbe ist an der Vorderseite in etwa 10 Centim. Abstand von einander mit 3 Centim. langen Winkeleinschnitten versehen, wodurch viele kleine Ausströmungsöffnungen für die frische Luft hergestellt sind, indem die Ecken der Einschnitte etwas nach innen gedrückt werden. Unter der Decke liegen, parallel laufend, 3 runde 4 Centim. weite Blechröhren mit ähnlichen Einschnitten, welche durch ein Rohr von 9 Centim. Durchmesser mit einer geheizten Esse in Verbindung stehen. Je weiter die Winkeleinschnitte der Blechröhren von den Mündungen entfernt liegen, um so tiefer sind sie niedergedrückt, damit für die Luft überall eine möglichst gleichförmige Aus- resp. Einströmungsgeschwindigkeit erzielt wird.

In ganz ähnlicher Weise hat der Mechaniker **Stahl** die verdorbene Luft aus einem Setzersaal der Kölnischen Zeitung abgeführt, nur ist zum Ansaugen der Luft keine erwärmte Esse, sondern ein Exhaustor von **Schiele** in Frankfurt a/M. angewendet. Die unter der Decke angebrachten Zinkblechröhren haben etwa 3000 kleine Oeffnungen, wodurch die verdorbene Luft in dem Maasse abgeführt worden sein soll, dass die früher in dem Saale herrschende Temperatur von 31° C. auf 19 bis 20° ermässigt wurde und der Kohlensäuregehalt der Luft von 0,25% auf 0,041% herabsank. Diese letztere Angabe dürfte wohl nicht ganz zuverlässig sein.

Das Bestreben, die Luft in möglichst dünnen Strömen in die zu ventilirenden Räume zu leiten, hat **Looker** ***) (siehe Fig. 729) veranlasst, hohle Steine von solcher Form aus-

*) Mitgetheilt in Romberg's Zeitschrift für praktische Baukunst 1873. S. 237. **Scharrath's** sogenannte Poren-Ventilation besteht bekanntlich in der Herstellung hohler Wände mit vielen kleinen Oeffnungen (Poren) durch welche man im Winter wärmende und im Sommer kühlende Luft in die sonst geschlossenen Zimmer bringt. Man vergleiche hierüber den Artikel in der deutschen-Bauzeitung 1871. S. 219 und 272. In neuerer Zeit soll sich dieses System an mehreren Orten gut bewährt haben, wie z. B. im Friedrich-Wilhelmstädtischen Theater zu Berlin, worüber Herr Dr. **Virchow** und Herr Baurath **Wäsemann** sich günstig aussprachen.

**) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1873. S. 699.

***) Abgebildet in: *The Mechanics Magazine* 1872. *S.* 75.

zuführen, dass eine Reihe derselben horizontal vermauert, einen Längscanal bildet und eine grosse Zahl Durchbrechungen quer durch die Mauer herstellt. Ein auf Rollen laufender, entsprechend geformter Schieber im Längscanal dient zum Schliessen und Oeffnen sämmtlicher Quercanäle.

Mit Vortheil wird die erwärmte Saugesse zur Ventilation namentlich da angewendet, wo Feuerungen zur Verfügung stehen, deren abströmende Wärme, wenn sie nicht zur Erwärmung der Saugesse verwendet würde, unbenutzt verloren ginge, oder da, wo die Wärme von einer zur Beleuchtung erforderlichen grossen Anzahl Gasflammen zur Erwärmung benutzt werden kann, wie in den Zuschauerräumen der Theater, oder der nur am Abend benutzten Festsäle. Muss die Zugesse dagegen durch besondere Feuerungen erwärmt werden, so wird die Unterhaltung dieses Feuers in der Regel kostspieliger als ein durch Dampfkraft betriebener Pulsions-Ventilator. Durch Rechnung ist nachgewiesen, dass im Gefängnisse Mazas zu Paris die Saugessen die 10fache Brennmaterialmenge consumiren, welche zum Betriebe der Dampfmaschine eines Ventilators erforderlich gewesen wäre. Immerhin leidet aber die Saugesse an dem Uebelstande, dass ihr Effect von der Differenz der Temperatur in der Esse und jener im Freien abhängig ist, die ab- und zuströmende Luftmenge also nicht mit Sicherheit festgestellt werden kann.

Aborte ventilirt man nach Herrn Prof. Dr. **Wolpert** sehr zweckmässig dadurch, dass man das unterste Ende des Abfallrohres durch ein Rohr mit dem Schornstein einer Küche in Verbindung setzt, wodurch alle Gase aus dem Abfallrohr abgesaugt werden. Für jede Küchenfeuerung und jeden zu ventilirenden Abort sind hierbei 177 □Centim. Schornsteinquerschnitt zu rechnen und muss der Schornstein mit einem guten Aufsatze (siehe S. 453) versehen sein, der jede schädliche Einwirkung des Windes verhindert; die Grube muss in diesem Falle möglichst dicht gemacht werden, was durch eine eiserne Abdeckplatte deren vorspringender Rand in eine mit Sand gefüllte Rille greift, leicht erreicht werden kann.

Das System der Saugessen ist namentlich vom General **Morin***) angewendet und ausgebildet. Man hatte nämlich ermittelt, dass in Folge der von den Gasflammen des Lusters producirten Wärme, durch die Lusteröffnung der grossen Oper zu Paris pro Stunde 100000 Cubikmeter Luft entweichen. Da der Zuschauerraum ca. 2000 Menschen fasste, so ergiebt dies pro Kopf und Stunde eine abströmende Luftmenge von 50 Cubikmeter. Hier war jedoch für zweckmässige Zuführung der frischen Luft keine Vorsorge getroffen, daher zeigte sich, dass 95% des obigen Luftquantums von der Bühne und nur 5% durch die Thüren des Zuschauerraumes einströmten. Der Luftstrom von der Bühne war in sich eng begrenzt und nahm den kürzesten Weg nach der Lusteröffnung, es wurde also nicht einmal der freie Raum des Auditoriums ventilirt und die verdorbene Luft über den Köpfen der Zuschauer stagnirte fast vollständig. Ausserdem riss die von der Bühne herkommende Luftströmung die von dort ausgehenden Schallwellen zum grossen Theil mit sich fort. General **Morin** machte zur Abhülfe dieser Uebelstände den Vorschlag, die Decke über dem Zuschauerraume vollständig zu schliessen, sie durchsichtig zu machen und die Beleuchtungsapparate oberhalb derselben anzubringen, damit die Gasflammen die Luft des Auditoriums nicht mit Kohlensäure schwängern. Die verdorbene Luft sei durch den Fussboden des Parterres, durch Oeffnungen unter den Sitzen der Gallerie und in den Rückwänden der Logen abzuführen und durch verticale Canäle bis zur Beleuchtungskammer über der Decke empor zu leiten, von wo sie durch eine von den Gasflammen erwärmte genügend weite Saugesse in die freie Atmosphäre entweichen könne. Die aus dem Freien entnommene frische Luft sollte durch weite Canäle in den Raum unter dem Parterre eingeführt, hier, wenn nöthig, erwärmt und durch Zweigcanäle nach den einzelnen Etagen und der Bühne geleitet und dann durch die hohlen Fussböden der Gallerien am untersten

*) Vergleiche: »Stand der Ventilationsfrage im Jahre 1865«. Vortrag vom Prof. **A. Sicard v. Sicardsburg**, gehalten in der »Wiener Bauhütte«. S. 18. Verlag der Wiener Bauhütte.

Rande der Brüstungen, an der vordersten Kante der Bühne vor der Rampen Beleuchtung und zu beiden Seiten derselben durch die Prosceniumsrahmung eingeführt werden.

Diese Grundsätze hat **Morin** im Jahre 1863 bei Einrichtung der Ventilation im Theater *Lyrique* zu Paris durchgeführt. Erbaut ist dieses Theater, welches 1700 Zuschauer fasst, von dem Architekten **Davioud**, während der Ingenieur **d'Hamelincourt** die Ventilationsarbeiten leitete. Der mittlere runde Theil der Decke von ca. 10 Meter Durchmesser, ist horizontal aus matt geschliffenem, wenig mit Farbe verziertem Glase hergestellt und ist unter dem tragenden Eisengerippe derselben ein feines Drahtnetz angebracht, damit etwa brechende Glastafeln nicht herabstürzen können; das Drahtnetz sieht von unten wie ein gewebter durchsichtiger Stoff aus. Ein nachtheiliger Einfluss der Glasdecke auf die Akustik des Raumes, der anfänglich befürchtet wurde, hat sich nicht gezeigt, doch ist die Wirkung der Beleuchtung keine sehr angenehme, denn alle Logen sind dunkel, da die vortretenden Balkons ihnen das Licht nehmen, und die 4. Gallerie, sowie der nicht verglaste Theil der Decke liegen ganz im Schatten.

Oberhalb der Glasdecke brennen gleichmässig vertheilt 1400 Gasflammen, die für die Beleuchtung nicht mehr leisten als ein Luster mit 250 Flammen, es sind also für Ventilationszwecke allein 1150 Gasflammen vorhanden. Diese Flammenzahl entwickelt in der abgeschlossenen Beleuchtungskammer eine Wärme von etwa 40° und somit wird bei einer niedrigen äusseren Temperatur für die abströmende Luft eine grosse Geschwindigkeit in der Saugesse erzeugt. Im Sommer aber ist die Temperatur in der Esse noch nicht ausausreichend, um die verdorbene Luft durch die Oeffnungen im Fussboden zum Abzug zu bringen, es sind desshalb noch besondere Lockfeuer im untern Theil der beiden Abströmungscanäle angebracht. Die Flammen haben von der Glasdecke 60 Centim. Abstand, zur Verhütung eines etwaigen Springens der Tafeln durch die strahlende Wärme und doch macht sich die von der grossen Glasfläche ausgestrahlte Wärme noch im Parterre zuweilen fühlbar, weil eben durch die Abzugsöffnungen im Fussboden die warme Luft von oben nach unten herabgezogen wird.

Die von aussen hergeleitete reine Luft strömt durch einen Canal von 10 □Meter Querschnitt mit etwa 1,42 Meter Geschwindigkeit durch die Heizkammern oder neben denselben vorbei in einen Mischraum und von hier, vor Eröffnung der Abendkasse, durch 4 grosse Oeffnungen im Fussboden des Parterres direct in den Zuschauerraum; nach dem Eintritte des Publicums aber durch friesartige Oeffnungen in der Rückwand des Parterres, sowie durch die 15 Centim. hohen Canäle im Fussboden der Gallerien an der vorderen Unterkante der Brüstungen aus. Sämmtliche Luftzuführungscanäle haben zusammen 18,38 □Meter Querschnitt und die Ausströmungsgeschwindigkeit der Luft beträgt 0,82 Meter, das pro Stunde in den Raum eingeführte Luftquantum ca. 51000 Cubikmeter. Die Querschnittsumme der Abströmungscanäle beträgt 37,08 □Meter, wonach für die abzusaugende verdorbene Luft eine geringe Geschwindigkeit ausreicht um das obige Quantum zum Abflusse zu bringen. In den verschiedenen Etagen haben die Canäle nachfolgende Querschnitte:

	Parterre,	I. Rang,	II. Rang,	III. Gallerie,	IV. Gallerie	
Personenzahl	= 500	302	184	288	426	in Summa = 1700.
Zuflusscanäle	= 6,90	3,10	2,40	2,68	3,20	□Meter Querschnitt
Abflusscanäle	= 11,08	6,50	6,50	6,50	6,50	» »

Ganz ähnlich wie im Theater *Lyrique* hat **Morin** auch die Heizung und Ventilation im *Cirque Imperial* eingerichtet.

Das etwa 2000 Zuschauer fassende in den Jahren 1860—63 von Herrn Prof. **L. Bohnstedt** erbaute Theater zu Riga*) hat ebenfalls eine Beleuchtung des Zuschauerraums durch Gasflammen oberhalb des Glasplafonds erhalten. Der ganze Raum des schönen Plafonds von Logenbrüstung zu Logenbrüstung ist hier in cassettenartige Felder eingetheilt, die mit

*) Publicirt vom Herrn Prof. **L. Bohnstedt** in Erbkam's Zeitsch. für Bauw. 1869. S. 195.

Füllungen aus mattem Glase versehen sind. Jede dieser Füllungen erhält ihre eigene Beleuchtung, und zwar ist zu diesem Zwecke 15 bis 30 Centim. hoch über dem Glase ein ringförmig gebogenes Glasrohr befestigt, an dessen Umfange, je nach der Grösse der zu beleuchtenden Felder 3, 4, 9, 12 oder 14 Gasbrenner in solcher Stellung angebracht sind, dass die Flammen mit der Breitseite, so viel wie möglich dem Glase parallel brennen. Dicht über der Flamme ist ein gusseiserner Trichter aufgehängt, der aufwärts mit einem Blechcylinder von 1,5 bis 2,5 Höhe endet, um die Verbrennungsgase in den oberen offenen Raum zu leiten, der wieder ein 3,7 Meter weites, bis über das Dach hinausführendes Rohr als Lüftungscanal hat. Jedes Glasfeld ist mit einem Reflector versehen, der aus weissgestrichenem Eisenblech besteht und dessen Seiten etwa unter 45° geneigt sind. Zwischen dem oben erwähnten Abzugrohr und dem Reflector ist ein Spielraum durch den die Luft aus dem Reflector entweichen kann. Die Holzrahmstücke, auf denen das matte Glas eingekittet ist, sind seitlich mit vielen 1½ Centim. weiten Löchern versehen, die eine Abführung der verdorbenen Luft des Auditoriums zu den Gasflammen hin ermöglichen. Unterhalb der Glasplatten ist ein dünnes Drahtgitter befestigt, um das Publicum vor etwa brechenden Glasscheiben sicher zu stellen; der ganze Plafond ist an dem Dachstuhle aufgehängt.

Zwischen den Reflectoren sind Laufgänge angebracht und hat jeder Reflector eine Thürklappe, auf welcher die Nummer des Feldes gross aufgemalt ist, so dass die Bedienung der Beleuchtungsapparate von hiermit vertrauten Arbeitern leicht besorgt werden kann. Der auf der Bühne befindliche Beleuchtungsdirigent hat auf seinem Platze eine entsprechend numerirte Plafondzeichnung hängen und ertheilt seine Befehle durch ein Sprachrohr nach dem Beleuchtungsraum. Für die Alltagsvorstellungen brennen oberhalb des Plafonds 168 Flammen, während bei festlichen Gelegenheiten 456 Flammen zur Benutzung kommen. Die Beleuchtung ist hier durchaus glücklich gewählt, sie wirkt in dem obersten Range nicht lebhaft, nimmt je tiefer herab, um so mehr zu, so dass Parterre und erster Rang am hellsten sind. Obgleich die Logenwände eine matte kaffeefarbige Tapete mit Golddruck erhalten haben, gewährt doch das Innere des Zuschauerraums einen freundlichen Eindruck und äussert die Plafondbeleuchtung eine sehr günstige Wirkung auf den Raum. Die Heizung des Zuschauerraums und der Bühne geschieht durch 6 Luftheizöfen.

In dem vom Architekten Mr. **Magne** 1869 erbauten Theater *du Vaudeville**) zu Paris, mit einem Fassungsraum von 1200 Personen und einer 19 Meter breiten, 12 Meter tiefen Bühne, hat der Zuschauerraum eine eigenthümliche und gelungene Beleuchtung erhalten, die transparente Glasdecke ist so gebildet, dass in der Mitte eine 10000 Kilogr. schwere, die Gasflammen umschliessende Rose von 7 Meter Durchmesser 2½ Meter tief von der Decke herabhängt. Ringsum besteht die Rose aus ornamentirten und facettirten Krystallstücken, die auf einem Bronzegerippe befestigt sind. Innerhalb dieser Rose ist eine Gaskrone von 700 in 5 Kreisen vertheilten Flammen angebracht, deren Licht durch die Krystallumhüllung gebrochen wird. Ein Fries aus ornamentirtem Glase, mit 8 kleinen ähnlich disponirten Rosen, bildet den Uebergang zu einer mit Gemälden geschmückten Voute, über welcher die als leuchtende Krystallschale gebildete Decke ruht; der Effect dieser Beleuchtung soll milde und doch glänzend sein. Die frische Luft soll unter dem Fussboden der Ränge an der Vorderseite der Brüstungen ausströmen, die verdorbene Luft durch die Decke und durch Oeffnungen im Fond der Logen abgeführt werden. Im Parquet liegen die Abzüge nur **zwischen** den Sitzreihen, um Zugluft von den Zuschauern selbst abzuhalten. Die Zu- und Abführung der Luft geschieht durch weite Schächte, welche an den Umfassungswänden des Saales vertheilt sind und von den Heizapparaten im Souterrain aufsteigen, oder von den Absaugeöffnungen bis zum Dache empor geführt sind.

*) Publicirt in: **Daly's** *revue d'architecture* Jahrg. 69; ferner Deutsche Bauzeitung 1870. S. 223. Auch als besonderes Buch von Herrn **Magne** herausgegeben.

Für jeden Rang dient je ein Rohr, was in der Höhe des Fussbodens durch einen festen Abschluss getheilt ist, so dass die Zuführung frischer Luft durch den untern, die Abführung der verdorbenen Luft durch den oberen Theil des Rohres stattfindet. Im Sommer erhält der Saal frische Luft durch einen unter der Decke angebrachten, direct ins Freie führenden, durchbrochenen Fries. Das Auditorium wird vor der Vorstellung auf 12 bis 15° geheizt, während der Vorstellung sollen nur die Corridore in erhöhter Temperatur gehalten werden, welche einer steten Abkühlung durch die directe Verbindung mit dem Aeusseren ausgesetzt sind.

Für das Stadttheater zu Wien*), von den Architekten **Felner und Helmer** 1871 erbaut, hat das letztgenannte Pariser Theater einigermaassen als Vorbild gedient, da es ähnlich situirt ist und im Grundrisse denselben Rundbau auf der freiliegenden Ecke zeigt. Dasselbe fasst 1500 Personen und wird durch eine Heisswasserheizung erwärmt. Die frische Luft wird durch Canäle von ca. 19 □Meter Querschnitt von aussen in die Heizapparate geleitet und steigt erwärmt durch Canäle in den Mauern aufwärts um durch entsprechende Oeffnungen in den Zuschauerraum auszuströmen. Auch unter den Parterre-Sitzen befinden sich Ausströmungsöffnungen. Der Abzug der verdorbenen Luft findet durch eine Anzahl Saugessen statt, welche mittelst Gasflammen erwärmt werden und direct bis über das Dach hinausgeführt sind. Die Einströmungsöffnungen dieser Essen sind im höchsten Punkte der zweiten und dritten Gallerie angebracht. Die Hauptabführung der verdorbenen Luft geschieht jedoch durch den von **Schäffer und Hauschner** in Berlin ausgeführten ca. 350 Centner schweren Beleuchtungsapparat in der Mitte der Decke. Derselbe hat einen Durchmesser von 6,95 Meter und sind hierbei im äussersten Ringe 8 Sonnenbrenner ca. 90 Centim. unterhalb der Decke angebracht. In der Mitte dieses Ringes befindet sich eine kugelförmig gebogene Ampel von 2,84 Meter Durchmesser, deren Mittelpunkt etwa 30 Centim. tiefer liegt als die Sonnenbrenner; das Innere der Ampel wird durch 5 Flammenkränze erleuchtet. Zwischen der Ampel und dem Sonnenbrenner sind noch 40 Gasflammen angebracht, einzeln von Glaskugeln umschlossen. Etwa 1,8 Meter unter dem Mittelpunkt der Ampel, die unten offen ist, befindet sich eine nach aufwärts gebogene Tulpe, hinter deren Rand eine Flammenreihe brennt, um die Decke möglichst gleichmässig zu beleuchten. Den unteren Abschluss im Mittelpunkte des Beleuchtungsapparates bildet ein Sonnenbrenner der ca. 30 Centim. tiefer angeordnet ist, als der untere Rand der oben erwähnten Tulpe. Der Apparat hängt an 2 eisernen Gitterträgern von 1,58 Meter Höhe und jeder der 9 Sonnenbrenner läuft in Führungen und ist mit Gegengewichten abbalancirt; ebenso hängt die Ampel mit dem in Glaskugeln eingeschlossenen Flammenkranze in 4 abbalancirten Zahnstangen und kann durch eine Welle gehoben oder gesenkt werden. Die Anzahl der Gasflammen in diesem Apparate beträgt 700, wodurch ein sehr hoher Wärmegrad erzeugt wird, dass die Luft aus dem Auditorium durch die ca. 6,4 □Meter grosse Oeffnung rapid abströmt. Nachträglich musste die Abströmungsöffnung durch Klappen ermässigt werden, um die sehr unangenehme Zugluft im Auditorium weniger fühlbar zu machen.

Fig. 971.



Die Theorie der Ausströmung der Luft aus verticalen Röhren oder Essen lässt sich in ähnlicher Weise aufstellen, wie diejenige über Ausfluss des Wassers. Ist nach Fig. 971 H die senkrechte Höhe einer Esse und G die Dichtigkeit der äussern Luft, so beträgt der Ueberschuss des Druckes auf die Einmündung bei m über dem der Ausmündung bei n Fig. 971, $P = H \cdot G$. Diesem Ueberschusse wirkt aber der Druck P_1 der warmen Luftsäule entgegen; ist nun G_1 die Dichtigkeit der warmen Luft, so kann man als deren Gegendruck $H \cdot G_1$ setzen, und der Druck, welcher für die warme Luft die Ausflussgeschwindigkeit v erzeugt, ist:

$$P - P_1 = H \cdot G - H \cdot G_1 = H(G - G_1) \quad \text{. (304)}$$

*) Publicirt in der Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins 1874. S. 39.

Für den Ausfluss des Wassers aus einer horizontalen Mündung ist nun bekanntlich die theoretische Geschwindigkeit v = der Endgeschwindigkeit eines von der Druckhöhe H frei herabfallenden Körpers und es ist:

$$v = \sqrt{2gH}, \text{ oder es ist die Geschwindigkeitshöhe } H = \frac{v^2}{2g} \quad . \; . \; . \quad (305)$$

wenn $g = 9{,}81$ Meter, die Acceleration oder die Beschleunigung durch die Schwere bezeichnet.

Wenn man die Reibung der Luft an den Rohrwandungen etc. nicht berücksichtigt, so kann man nach (304) und (305) setzen:

$$\frac{v^2}{2g} G_1 = H(G - G_1), \text{ und hieraus wird } v = \sqrt{\frac{2gH(G-G_1)}{G_1}} \quad . \; . \; . \quad (306)$$

Bezeichnet noch T die Temperatur der warmen Luft in der Esse und t die Temperatur der äusseren Luft, so kann man hier die Spannung der innern und äussern Luft annähernd constant annehmen und das **Gay-Lussac**'sche Gesetz gelten lassen, nach diesem hat man:

$$\frac{G}{G_1} = \frac{1 + aT}{1 + at} = \frac{q + T}{q + t} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (307)$$

für atmosphärische Luft ist der Ausdehnungscoefficient $a = 0{,}003665$ und daher der Quotient $q = \frac{1}{a} = 273$. Setzt man den Werth aus (307) in (306), so erhält man für die Geschwindigkeit der Luft beim Austritt aus der Esse:

$$v = \sqrt{2gH\left(\frac{q+T}{q+t} - 1\right)} = \sqrt{2gH\left(\frac{273+T}{273+t} - 1\right)} = \sqrt{\frac{2gH(T-t)}{273+t}} \quad . \quad (308)$$

Zieht man die Wurzel aus $2g$, so kann man für (308) auch schreiben:

$$v = 4{,}429 \sqrt{\frac{H(T-t)}{273+t}} \text{ Meter} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (309)$$

Diese **theoretische** Ausflussgeschwindigkeit der wärmeren Luft von T^0 in kältere Luft von t^0 Celsius Temperatur wird in Wirklichkeit durch die Reibung der Luft an den Wänden der Esse durch Contraction beim Eintritt, durch Krümmungen in den Röhren etc. wesentlich verringert. Man wird daher für gewöhnliche Saugessen als **wirkliche** Geschwindigkeit kaum die Hälfte der theoretischen annehmen dürfen; im Mittel kann man setzen:

$$v = 2 \sqrt{\frac{H(T-t)}{273+t}} \text{ Meter} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (310)$$

Für die Temperatur T, welche in der Esse vorhanden sein muss, um die Geschwindigkeit v zu erzeugen, erhält man nach Formel (308):

$$T = \frac{(273 + t)v^2}{2gH} + t \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (311)$$

oder wenn man Formel (310) auf T reducirt:

$$T = 0{,}25 \frac{v^2(273+t)}{H} + t \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (312)$$

Diese letztere Formel ergiebt die Temperatur, welche in Wirklichkeit in der Esse vorhanden sein muss, wenn die Ausflussgeschwindigkeit v erzielt werden soll.

Beispiel. *Die Temperatur in einer* 10 *Meter hohen Saugesse sei* $T = 20^0$, *die äussere Temperatur* $t = 5^0$, *man sucht die Ausflussgeschwindigkeit* v. *Nach Formel* (310) *hat man:*

$$v = 2 \sqrt{\frac{10(20-5)}{273+5}} = 1{,}46 \textit{ Meter pro Secunde.}$$

Zur Ermittelung der Temperatur T, *welche in einer* 8 *Meter hohen Esse herrschen muss, damit die Luft mit* $v = 2$ *Meter Geschwindigkeit ausströme, wenn die äussere Temperatur* $t = 10^0$ *ist, ergiebt Formel* (312):

$$T = 0{,}25 \frac{2^2(273 + 10)}{8} + 10 = 46^0 \textit{ Celsius.}$$

Bezeichnet noch Q den Querschnitt des Canals und x die pro Sec. abströmende Luftmenge, so ist $x = v \cdot Q$ und die durch den Canal pro Stunde abströmende Luftmenge

$X = 60 \cdot 60 \cdot v \cdot Q$. Hieraus wird der Querschnitt des Canals für eine stündlich abzuführende Luftmenge X:

$$Q = \frac{X}{60 \cdot 60 \cdot v} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (313)$$

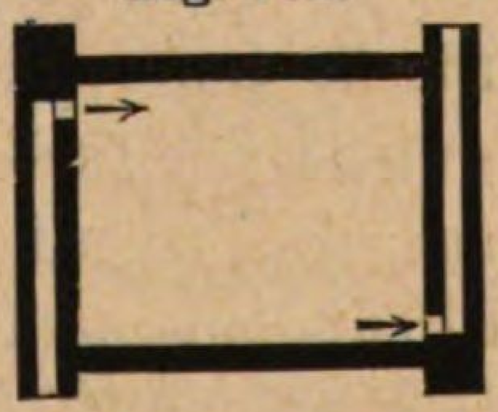
oder wenn der Canalquerschnitt Q und die stündlich abzuführende Luftmenge X gegeben ist, so wird die nöthige Geschwindigkeit:

$$v = \frac{X}{60 \cdot 60 \cdot Q} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (314)$$

Ventilationssystem c. Bei diesem System wird die Luft durch den Heizapparat erwärmt, wodurch sie sich ausdehnt, also specifisch leichter wird, und durch verticale Canäle in die zu erwärmenden Räume abströmt. In dem Maasse wie die Luft aus dem Heizapparate abfliesst, strömt kalte Luft durch einen besondern Canal von aussen nach, um wieder erwärmt zu werden; alle Mantelöfen haben dieses Prinzip gemeinschaftlich. Die Abströmung der verdorbenen Luft aus den erwärmten Räumen wird dann meistens durch die Temperaturdifferenz zwischen der innern und äussern Luft bewirkt. Hierbei ist besonders zu empfehlen, jeden Canal **einzeln** bis über den Dachfirst emporzuführen und ihn oben mit einem von den auf Seite 452 und 453 dargestellten Aufsätzen zu versehen, damit jede Windströmung den Gang der Ventilation durch ihre saugende Wirkung unterstützt. In Krankenhäusern ist es absolut erforderlich die Canäle einzeln aufzuführen und **nicht** mehrere Canäle auf dem Dachboden zu vereinigen und in einen Lüftungsthurm zusammenzuleiten, weil festgestellt ist, dass in derartigen Canälen Rückströmungen vorkommen, was bei epidemischen Krankheiten gefährlich werden kann, indem Miasmen aus einem Saale in einen andern strömen könnten.

Die Einführung der erwärmten Luft in die zu heizenden Räume geschieht am besten unter der Decke, wie dies schon bei den Calorifères erwähnt ist, weil die warme Luft, wenn man sie durch den Fussboden einführt, doch erst bis zur Decke emporsteigt. Die Abströmung der verdorbenen Luft aber muss in Wohnräumen, in Schul- und Krankensälen etc. am Fussboden erfolgen, denn die specifisch schwerere Kohlensäure senkt sich höchst wahrscheinlich nach unten, wenn dies auch noch nicht sicher erwiesen ist. Für die zweckmässige Beheizung eines Raumes ist diese Luft-Zu- und Abführung wie sie Fig. 972 veranschaulicht, aber desshalb nöthig, weil die oberen wärmeren Luftschichten sich an den Wänden allmälig abkühlen und abwärts sinken; wollte man die verdorbene Luft unter der Decke abführen, so würde gerade die reinste und wärmste Luft abströmen. In manchen Fällen ist es zwar erforderlich, von diesem Prinzipe abzuweichen, dies kann eintreten, wenn unter der Decke viele Gasflammen brennen, welche die Luft durch Kohlensäure verderben, oder wenn in einem Saale Gallerien vorkommen, welche dicht mit Menschen besetzt sind, indem dann die verdorbene Luft von oben auf die unten befindlichen Personen herabgezogen würde. Für solche Fälle ist es zweckmässig die warme Luft etwas über Manneshöhe in den Raum einströmen zu lassen, die verdorbene Luft aber sowohl an der Decke, wie auch am Fussboden abzuführen.

Fig. 972.



Bei Luftheizungsanlagen lässt sich im Sommer sehr gut eine Abkühlung der Zimmerluft dadurch bewirken, dass man Luft durch die im Souterrain gelegenen Heizkammern führt und diese kühlere Luft durch dieselben Oeffnungen in die Zimmer strömen lässt, durch welche im Winter warme Luft in die Räume fliesst; die Abströmungscanäle müssen alsdann aber auch Oeffnungen unter der Decke haben, während die im Winter benutzten Oeffnungen am Fussboden geschlossen werden. Die aus dem Souterrain kommende kältere Luft senkt sich vermöge ihres grösseren specifischen Gewichtes an den Ausströmungen an der Decke allmälig zu Boden, wogegen die ausgeathmete wärmere Luft empor steigt und durch die Abströmungsöffnungen unter der Decke in die Ventilationscanäle gelangt. Auf diese Weise ist es an vielen Orten gelungen, die Zimmerluft im Sommer mindestens 3° niedriger zu halten, als die Temperatur im Freien war.

Für Gefängnisse und Irrenanstalten ist die leichte Fortpflanzung des Schalles bei Anlage der Canäle zu berücksichtigen, namentlich müssen hier die Zuleitungscanäle für warme Luft von einander getrennt angelegt werden.

Die Heizung und Ventilation des ca. 14 Meter langen, 8 Meter breiten und 6 Meter hohen Sitzungssaales im Hause der Gesellschaft der Civilingenieure zu Paris (siehe Seite 468) erfolgt durch eine Calorifère, die nahezu unter der Mitte des Gebäudes placirt ist. Kurze Zeit bevor die Sitzungen im Saale beginnen, lässt man die warme Luft durch die beiden Oeffnungen *a* Fig. 11 und 12 **Blatt 17**, einströmen und hält während dieser Zeit die 4 Ventilationscanäle *v* geschlossen; dagegen werden während der Sitzung die Oeffnungen *a* im Fussboden geschlossen und die warme Luft wird durch einen Canal *b* zugeführt, der mit einem Canal *c*, welcher unter 2 Fenstern des Saales ins Freie mündet, sich in dem Raume *d* vereinigt, wo demnach warme und kalte Luft sich mischen. Das Gemisch strömt durch eine in 4 Meter Höhe über dem Saalfussboden angebrachte vergitterte Oeffnung in den Saal. Die Abströmungsöffnungen für die verdorbene Luft sind in den Stossbrettern der Fussbänke und in der Bretterwand der Estrade unter der grossen Wandtafel angebracht; die hier gebildeten Hohlräume stehen mit den 4 Ventilationscanälen *v* in Verbindung, in denen eine Gasflamme zur Zugbeförderung angebracht ist. Ausserdem steht in dem einen dieser Canäle auch noch das Rauchabführungsrohr von der Calorifère.

Die Canalquerschnitte sind so bemessen, dass die warme Luft mit 0,4 Meter Geschwindigkeit zuströmt, während die verdorbene Luft mit 0,6 Meter Geschwindigkeit pro Sec. abfliesst. Das zuströmende Luftquantum beträgt bei Anwesenheit von 150 Personen im Saal pro Person und Stunde 24 Cubikmeter, so dass die Luft des Saales in einer Stunde etwa 6 mal erneuert wird.

Der Concertsaal im Vereinshause zu Riga*) fasst 1400 Personen und wird durch 250 Gasflammen beleuchtet. Die sonst so zweckmässige Anordnung der Canäle, wonach die frische Luft von oben nach unten durch den Raum strömt, konnte hier wegen zu starker Erhitzung und Verschlechterung der Luft durch Gasflammen nicht gewählt werden; es sind daher die Ausströmungsöffnungen der warmen Luft etwas über Manneshöhe über dem Fussboden angebracht, während 5 Deckenrosetten zur Abströmung der verdorbenen Luft dienen. Ueber der mittleren Rosette ist ein besonderes Rohr bis über Dach geführt, dagegen haben je 2 der anderen Rosetten ein gemeinschaftliches Abzugrohr erhalten. Die frische Luft strömt durch einen Canal von der Strasse her unten in die Heizkammer, welche Krell'sche Batterieöfen enthält, und von hier aus vom oberen Theil der Heizkammer durch verticale Canäle in den Saal. Für die Anheizperiode sind aber noch besondere Circulationscanäle vorhanden, die in Fussbodenhöhe im Saal münden und bis zum tiefsten Punkte der Heizkammer reichen; durch diese Canäle strömt die Luft beim Anheizen aus dem Saal zurück in die Heizkammer.

Ventilationssystem d. Zu diesem System ist ein durch Maschinenkraft betriebener Ventilator erforderlich, der entweder die verdorbene Luft aus den zusammengeführten Abzugcanälen **absaugt**, oder der die frische Luft in die Zuströmungscanäle **eintreibt**. Hiernach unterscheidet man das **Aspirations-** und das **Pulsions**-System. Wie die Einrichtungen im Hospital **Beaujon** gezeigt haben, leistet ein Ventilator bei dem Pulsionssystem erheblich mehr als beim Aspirationssystem, indem die porösen Aspirationscanäle durch ihre Poren eine grosse Menge Luft einströmen lassen, bevor die saugende Wirkung des Ventilators dahin reicht, wo man eigentlich die verdorbene Luft absaugen will. Prof. Dr. **Pettenkofer** bewies den Grad der Porosität einer Mauer dadurch, dass er mittelst einer Luftpumpe Luft in dem Maasse durch eine ca. 40 Centim. starke Mauer hindurch presste, dass eine dahinter befindliche brennende Kerze auslöschte. Aus diesem Grunde ist das Aspirationssystem mittelst Ventilator durchaus nicht empfehlenswerth.

*) Die Heizung und Ventilation dieses Gebäudes ist vom Herrn Prof. **C. Lovis** ausführlich mitgetheilt im: »Notizblatt des technischen Vereins zu Riga« 1871. S. 73 und 93.

Das Pulsionssystem dagegen ist in allen Fällen das zuverlässigste und für Krankenhäuser das **einzige** System, welches im Stande ist, die genügende Luftmenge mit Sicherheit zuzuführen. Die hierbei angewendeten Ventilatoren sind entweder Flügel- oder Schrauben-Ventilatoren, die durch eine Dampfmaschine oder, wenn billiges Betriebswasser zur Verfügung steht, durch eine Turbine in Bewegung gesetzt werden. Schraubenventilatoren haben sich zur Bewegung grosser Luftmengen vortheilhafter gezeigt, als solche mit Flügeln, indem sie weniger Betriebskraft in Anspruch nehmen und dabei geräuschlos arbeiten. Zuerst ist das Pulsionssystem auf dem Männerflügel des Hospitals *Lariboisière* von **Grouvelle** und **Farcot** in Verbindung mit Dampf-Wasserheizung von **Laurens** eingerichtet, später durch **van Hecke** wesentlich verbessert und erheblich billiger für die Hospitäler *Beaujon* und *Necker* ausgeführt. In den beiden letzteren Krankenhäusern werden gewöhnlich pro Stunde und Bett 98 Cubikmeter frische Luft eingeführt, doch kann man mit Leichtigkeit diese Luftmenge auf 130 Cubikmeter steigern und dabei im Sommer die Temperatur in den Räumen 4 bis 5° C. niedriger halten als die Temperatur im Freien, wenn man die frische Luft durch unterirdische Canäle leitet.

In dem von dem Architekten Herrn **H. Burnitz** erbauten »Saalbau«*) bei Frankfurt a. M. hat Herr Ing. **Joh. Haag** eine Pulsionsventilation eingerichtet, die sich vorzüglich bewährt hat. Der grosse Saal wird durch Eintreibung erwärmter Luft mittelst zweier Ventilatoren geheizt und ventilirt. Die frische Luft strömt durch einen verticalen Schacht aus einem Lichthofe durch 4 unterhalb des Souterrainfussbodens liegende Canäle in die 4 Heizkammern. Im Anfang der Canäle befinden sich die beiden Ventilatoren von je 1,5 Meter Durchmesser. Die Einrichtung ist so getroffen, dass die Luft in den Apparaten erwärmt, im kalten Zustande daran vorbei geleitet, oder auch dass kalte und warme Luft mit einander gemischt werden kann. Die erwärmte Luft strömt in geringer Höhe über dem Fussboden in den Saal (diese Anordnung dürfte Zugluft verursachen); während die Abströmungsöffnungen für die verdorbene Luft über den Gesimsen liegen und einen **grösseren** Querschnitt haben als die Einströmungsöffnungen der warmen Luft.

Die beiden Ventilatoren führen dem Saal pro Stunde ca. 21000 Cubikmeter auf 18 bis 19° C. erwärmte Luft zu, mit einer Geschwindigkeit von ca. 2,5 Meter pro Secunde, doch kann das Luftquantum, wenn nöthig, auf das doppelte gesteigert werden. Die 4 Heizapparate erfordern pro Stunde 35 bis 37½ Kilogr. Kohlen, um das obige Luftquantum auf 18 bis 19° C. zu erwärmen. Die Dampfmaschine arbeitet mit 4 Atmosphären Spannung und erfordert 13½ Kilogr. Steinkohlen pro Stunde.

Im Gebäude des preussischen Abgeordnetenhauses zu Berlin wird die kalte Luft durch einen Ventilator eingetrieben, sie umspült dann die Röhren einer Dampfheizung und strömt durch vergitterte Oeffnungen in den Saal ein. Die Abströmungsöffnungen der verbrauchten Luft unter den Sitzen der Abgeordneten hatten den Nachtheil, dass auch die schlechte Luft von den Tribünen, wo oft mehrere Hundert Menschen dicht gedrängt in nassen Ueberkleidern sitzen, sowie von den Beleuchtungsapparaten ihren Weg an den Abgeordneten vorbei nahm. Man hat die Lage der Abströmungsöffnungen später mit den Zuführungsöffnungen vertauscht, und lässt die frische warme Luft nunmehr unter den Sitzen der Abgeordneten eintreten, während die verdorbene Luft durch die friesartigen Oeffnungen unter den Tribünenbrüstungen entweicht. Diese Einrichtung hat guten Erfolg gehabt und sich bisher bewährt.

Die Ventilation des provisorischen Reichstagsgebäudes zu Berlin**) ist eine Combination des Pulsionssystems mit erwärmten Saugessen. Unter dem Corridor des Sitzungssaales und dem Foyer sind grosse Canäle und seitlich davon Heizkammern mit gerippten Dampfröhren angebracht. In der Windleitung, entfernt vom Gebäude, wird frische Luft mittelst Ventilator derart in die Canäle geführt, dass nach Wirkungsweise der Strahlpumpen Luft

*) Publicirt in Förster's Bauzeitung 1868/69. S. 389.
**) Vergleiche: Deutsche Bauzeitung 1871 S. 308 und 1875. S. 162.

aus dem Garten gesaugt und durch verticale Canäle in den Wänden im Sommer direct, im Winter durch die Heizkammern in den Sitzungssaal und in das Foyer gedrückt wird, unweit Deckenhöhe ausströmend. Die verdorbene Luft fliesst durch die durchlöcherten Verticalflächen des amphitheatralisch ansteigenden Bodens in einen unter dem Fussboden liegenden Canal und von hier in eine verticale Saugesse, die am Fusse durch einen grossen Ofen besonders geheizt wird. In einem 1874 ausgeführten Erweiterungsbau dieses Hauses befindet sich im ersten Stock die Bibliothek von 13,9 × 13,25 × 5,5 Meter, darüber ein Saal von denselben Dimensionen und ausserdem noch ein halb so grosser Saal, welche Räumlichkeiten vom Keller aus durch 2 **Wolpert**'sche Oefen grösster Sorte geheizt werden. Die Bibliothek hat 2 Zuströmungscanäle von je 26 × 40 = 1040 □Centim. Querschnitt, der darüber liegende Saal 3 solche Canäle und der kleine Saal einen derselben erhalten. Der eine Ofen heizt den oberen Saal, der andere die Bibliothek und den kleinen Saal. Die Oertlichkeit bedingte, dass 4 verticale Heizcanäle in einer 72 Centim. starken Wand, die aber nur in 95 Centim. Länge beansprucht werden durfte, untergebracht werden mussten. Zu diesem Zwecke wurden rechteckige Thonröhren von 26 × 40 Centim. Weite und 3 Centim. Wandstärke hergestellt und diese zu je 4 dicht neben einander gestellt, so dass die Mauer auf jene 95 Centim. Länge ganz wegfallen und durch die Thonröhren ersetzt werden konnte. In den Abzugsröhren für die verdorbene Luft sind Bunsen'sche Gasbrenner zur Verstärkung des Zuges angebracht. Diese Einrichtung hat sich gut bewährt.

Die Pulsions-Ventilation im Irrenhause zu Newyork*) wird als die vorzüglichste irgend eines Krankenhauses geschildert; hier wird der Ventilator durch eine Dampfmaschine betrieben.

Der Sitzungssaal des Senats in Washington**) wird mittelst zweier durch Dampfkraft getriebener Flügelventilatoren ventilirt. Die unten entnommene frische Luft gelangt zuerst durch einen Dampfheizapparat, dann in einen Raum, der im Sommer zur Abkühlung der frischen Luft dient. In diesen Raum hatte man zuerst Eis hineingebracht, ohne jedoch die gewünschte Wirkung zu erzielen; eine genügende Abkühlung wurde erst erreicht, als man durch Anwendung von Wasser mittelst Brauseapparat einen feinen Sprühregen durch die Luft hindurch trieb. Ob die Luft hierdurch nicht zu viel Feuchtigkeit aufnimmt, ist in der angegebenen Quelle nicht gesagt. Die frische Luft strömt durch den Fussboden in den Saal, während die verdorbene Luft durch die Decke entweicht und durch einen Canal von 3,3 □Meter Querschnitt abwärts strömt, um durch einen Ventilator ins Freie getrieben zu werden. Hier ist also das Pulsions- mit dem Aspirationssystem verbunden, was für gewöhnliche Fälle nicht zu empfehlen sein dürfte, indem die Luft durch die Pulsion schon einen geringen Ueberdruck erhält, das Bestreben zum Entweichen derselben also schon vorhanden ist; man wird daher die zur Aspiration verwendete Betriebskraft zweckmässiger mit zur Pulsionsarbeit verwenden.

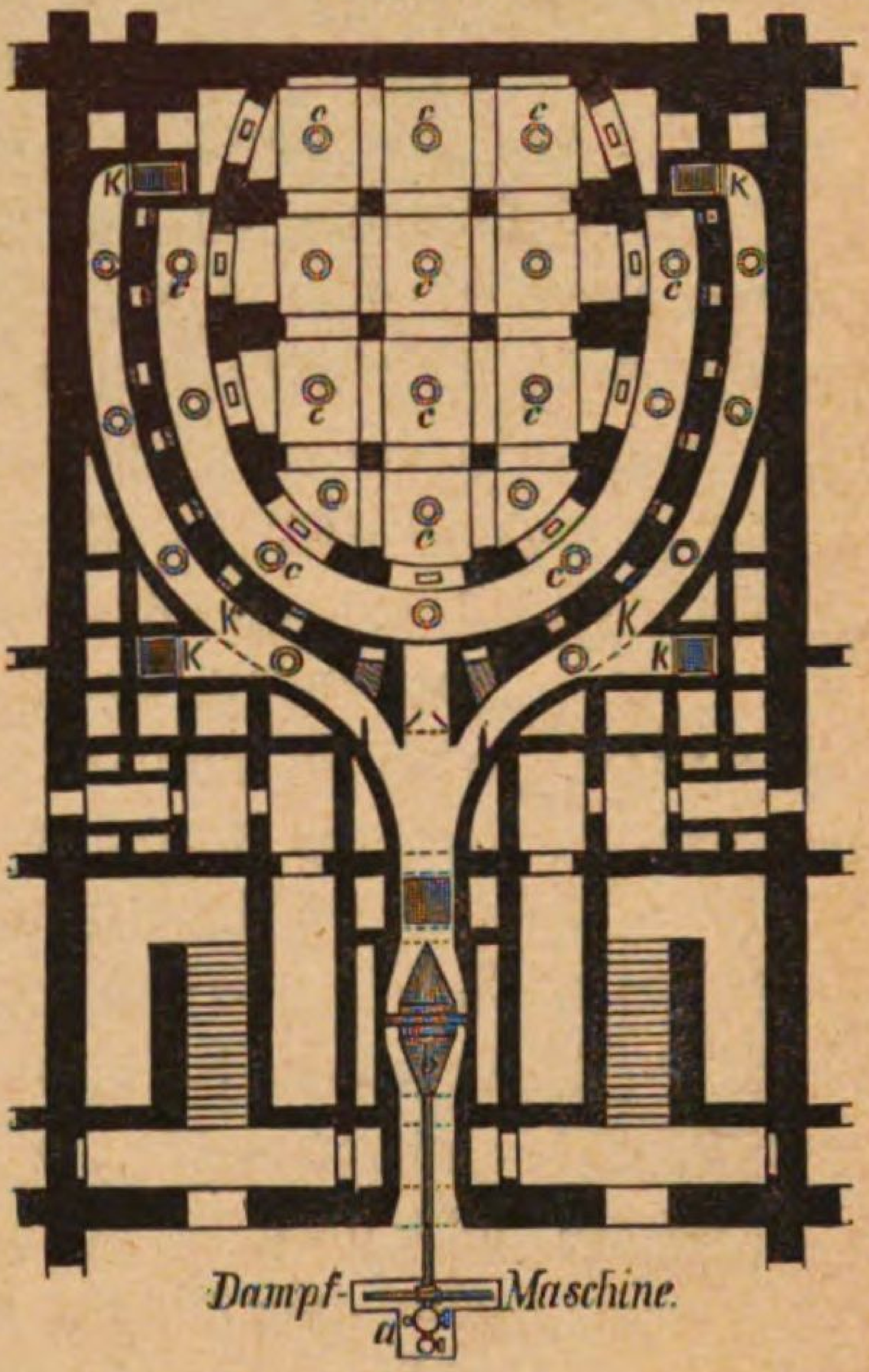
Das Wiener Hof-Opernhaus, mit einem Fassungsraum für 2700 bis 3000 Personen, wird ebenfalls durch Pulsion ventilirt; die Einrichtung wurde vom Herrn Prof. Dr. **C. Böhm** durchgeführt. Durch den Fussboden des Parterres und an den tiefsten Punkten der Logen und Gallerien strömt die frische Luft mit ca. 0,3 Meter Geschwindigkeit in den Zuschauerraum ein, wogegen die verdorbene Luft durch die 4 Meter weite Lusteröffnung abzieht. Beleuchtet wird das Auditorium durch einen Luster mit 90 Gasflammen und durch 16 Sonnenbrenner à 36 Flammen; im Ganzen sind also unter der Decke 666 Flammen angebracht. Ausserdem ist aber noch als Brüstungsbeleuchtung eine Flamme über jeder Loge vorhanden. Für alle Räume des Theaters beträgt der Gasverbrauch ca. 1200 bis 1900 Cubikmeter pro Spieltag. Fig. 973 zeigt den Grundriss des Souterrains; *a* ist eine 12pferdige Dampfmaschine zum Betriebe des vom Herrn Prof. Dr. **Heger** nach Art der Jonval'schen Turbine construirten Schraubenventilators *b* von ca. 3 Meter Durchmesser, der je nach

*) Vergleiche: *Scientific American* 1871. S. 25 und 87.

**) Mit Skizzen in demselben Journal 1873. S. 70.

Bedarf pro Stunde 40000 bis 120000 Cubikmeter Luft zuführt. Der Ventilator macht gewöhnlich 160 Umdrehungen in der Minute und muss die frische Luft, bevor sie in den Ventilator gelangt, erst durch einen Wasserschleier hindurch, aus dem sie Feuchtigkeit aufnimmt. Unter dem Parterre des Zuschauerraums liegen 3 Souterrainstockwerke übereinander; im mittleren Stockwerke ist die Dampfheizung angebracht, aus ca. 18000 lauf. Meter Schmiedeeisenrohr von 25 Millim. lichter Weite bestehend. Die kalte Luft strömt durch 12 Stück 1 Meter weite Rohre *c* von dem unteren durch den mittleren in den oberen Souterrainraum. Zwischen diesen Röhren und den Gewölbekappen befinden sich ringförmige Oeffnungen, durch welche die frische Luft in die Heizkammer gelangt, hier die Dampfröhren umspült und dann erwärmt in den oberen Souterrainraum abströmt, wo die warme Luft sich mit der kalten mischt, um darauf durch 250 Oeffnungen, je 23 Centim. gross mit siebartig durchlöcherten Blechen bedeckt, in den Zuschauerraum zu entweichen. Die Rohre sowohl, wie auch die darum befindlichen ringförmigen Oeffnungen sind durch glockenförmige Deckel verschliessbar resp. regulirbar. Die vom Ventilator ausgehenden äusseren Canäle *K* führen die Luft im Sommer in die verticalen Canäle *k*, von wo die kalte Luft durch entsprechende Oeffnungen und auch an der ganzen Peripherie der Decke in den Zuschauerraum geblasen wird. Ueber den Canälen *K* liegen die Zuführrohre der frischen Luft nach der III. und IV. Gallerie.

Fig. 973.



Zur Abführung der verdorbenen Luft dienen ausser der 4 Meter weiten Lusteröffnung noch eine Menge kleinere Oeffnungen, welche dicht unter der Decke über der Vorderwand der Logen angeordnet sind. Aus allen diesen Oeffnungen wird die Luft durch einen im Dachraume aufgestellten Ventilator abgesaugt. Dieser Exhaustor hat ebenfalls 3 Meter Durchmesser und macht 160 Umdrehungen in der Minute, er wird mittelst Drahtseiltransmission von der unteren Dampfmaschine getrieben. Unter dem Auditorium befindet sich das Inspectionszimmer, von wo aus der ganze Apparat geleitet wird. Von hier geht ein Sprachrohr nach dem Kesselhause und nach dem Dampfvertheilungsraume; die Abzugsklappen am Boden, ein Bühnenabzug, ein Hauptabzug, ein Parterreabzug, zwei Gallerieabzüge werden von hier aus gestellt, und gleich nebenan werden die Klappen für die Luftzuführung regulirt. Die elektrischen Apparate werden von einer Batterie mit 300 Elementen bedient, doch wird dieselbe auch zur elektrischen Beleuchtung der Bühne zeitweilig benutzt; die Leitungsdrähte haben eine Länge von ca. 38000 Meter. Um Temperaturen, welche innerhalb zweier bestimmter von 15° gleich weit abstehenden Grenzen liegen, selbstthätig nach dem Inspectionszimmer hin anzuzeigen, ist in jedem Raum ein Spiralfeder-Thermometer aufgestellt, welches einen Stift zur Schliessung des galvanischen Stromes bewegt.

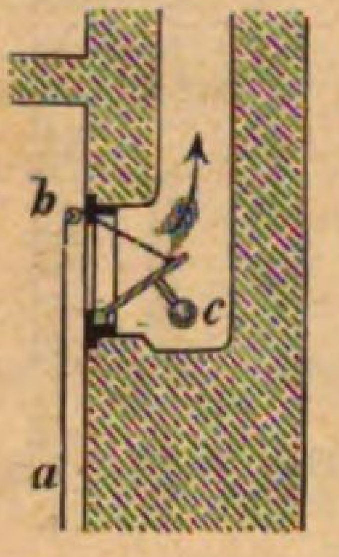
Nach der ausführlichen Berechnung von Prof. **August Sicard von Sicardsburg** belaufen sich in den nachstehend genannten Etablissements die **jährlichen** Kosten für die **tägliche** Zuführung von 1 Cubikmeter frischer Luft incl. Erwärmung wie folgt:

im Hospital *Lariboisière*	mit Aspiration	pro Stunde und Bett	30	Cubikm.	à	Cubikm.	= 0,128 M.
» » »	» Pulsion	» » » »	90	»	à	»	= 0,048 »
» » *Necker*	» Pulsion	» » » »	97	»	à	»	= 0,020 »
in d. Gebärklinik zu Wien	» System (Dr. Böhm)	p. St. » »	30	»	à	»	= 0,044 »
in d. Hofoper zu Wien	» Pulsion (Dr. Böhm)	p. St. » Person	35	»	à	»	= 0,152 »
i. Theater *Lyrique* z. Paris	» Aspiration (Morin)	p. St. » »	30	»	à	»	= 0,610 »
i. *Cirque Imperial* z. Paris	» Aspiration (Morin)	p. St. » »	30	»	à	»	= 0,656 »

Der grosse Vortheil der Pulsions-Ventilation besteht darin, dass man ganz bestimmt und sicher weiss, welches Quantum Luft man pro Stunde in die Räume eintreibt, dass man durch Mischung von kalter und warmer Luft deren Wärmegrad beliebig reguliren und die Luft mit Sicherheit auch in die vom Ventilator entferntesten Localitäten eintreiben kann. Die Canalwandungen müssen natürlich möglichst dicht und glatt hergestellt werden, damit die Luft nicht durch die Poren entweicht und auch keinen grossen Reibungswiderstand an den Wandungen findet. Zum Betriebe des Ventilators wird man in den meisten Fällen eine Dampfmaschine anwenden müssen, da man aber den abströmenden Dampf zu vielen technischen Zwecken, z. B. zum Kochen, Heizen, Baden, Waschen, Trocknen etc. benutzen kann, so wird man häufig den abgehenden Dampf so rentabel machen können, dass die von ihm zuerst ausgeübte Kraft gar nichts kostet.

Die Oeffnungen für den Aus- und Eintritt der Luft in die Ventilationcanäle müssen durch Schieber oder Klappen verschliessbar gemacht werden; solche Verschlüsse können in der verschiedensten Weise construirt sein. Für die am Fussboden befindlichen Oeffnungen wird man einfache Schieber anwenden, dagegen für die Oeffnungen unter der Decke derartig eingerichtete Klappen, die sich mittelst einer Schnur beliebig weit offen stellen lassen. Fig. 974 zeigt eine solche Klappe im Verticalschnitt; dieselbe dreht sich in dem unteren am Rahmen befestigten Charniere; *a* ist eine Schnur, die über die Rolle *b* geführt und an der Klappe festgemacht wird. Das Gegengewicht *c* hält die Klappe stets geöffnet; will man dieselbe mehr oder weniger schliessen, so zieht man die Schnur nach unten. Als Schnurhalter empfiehlt sich der in Fig. 850 dargestellte Apparat, der im Handel in verschiedenen Dimensionen zu haben ist. Kommt die Luft von unten, so dass sie aus der Klappe ausströmen sollte, so kann man die ganze Klappe umkehren, das Gegengewicht *c* hält dieselbe dann stets geschlossen, während die Schnur am Gegengewicht oder anderweitig befestigt, zum Oeffnen dienen muss.

Fig. 974.



Zum Abkühlen der frischen Luft bei der Sommerventilation hat man verschiedene Mittel angewendet; sie bestehen darin:

1) dass man die Luft durch unterirdische Leitungen streichen lässt, an deren Wandungen sie sich abkühlt, während sie sich im Winter daran erwärmt;
2) dass man durch den Luftstrom mittelst Brauseapparat einen feinen Sprühregen hindurch treibt;
3) dass man die einzutreibende Luft theilweise comprimirt, sie in diesem Zustande abkühlt und darauf wieder ihre Ausdehnung bewirkt (System **Windhausen**).

Das erste System hat sich namentlich bei Luftheizungsanlagen vortrefflich bewährt und man hat die Luft in den Zimmern um 3 bis 5° C. gegen die äussere Temperatur abgekühlt. Das zweite System ist zwar sehr wirksam, es verändert aber die relative Feuchtigkeit der Luft und führt zu viel Wasserdämpfe in die Räume ein. Zweckmässig dürfte dieses System nur dann sein, wenn man die durch Wasser abgekühlte Luft durch Gitter streichen lässt, die mit Chlorcalcium versehen sind, wodurch eine leichte Wasserentziehung stattfindet; hierdurch wird die Einrichtung aber wieder complicirt und kostspielig. Das dritte System endlich ist sehr wirksam, aber die hierzu nöthigen Maschinen lassen dasselbe im Grossen wohl kaum zur Anwendung kommen. Herr Ing. **Windhausen** in Braunschweig hat sein System in neuerer Zeit zur Ventilation von Schiffen angewendet.

Dreizehnter Abschnitt.

Blitzableiter und Haustelegraphen.

§. 132. Regeln zur Anlage von Blitzableitern.

Blitzableiter haben den Zweck, die in der Gewitterwolke angesammelte Elektricität zu vermindern und den Blitzstrahl auf die Ableiter zu beschränken, also die damit versehenen Gebäude vor Beschädigung zu schützen. Die erstere Wirksamkeit mag bei schnell heranziehenden Gewittern von geringer Bedeutung sein, während die andere durch Versuche mit künstlich erregter Elektricität, wie durch Beobachtungen an den Ableitern selbst ausser Zweifel gestellt und durch viele seit mehr als 100 Jahren gemachte Erfahrungen bestätigt ist. Erfunden wurde der Blitzableiter bekanntlich von dem berühmten Amerikaner Dr. **Benjamin Franklin**, dem Buchdrucker, um dessen Tod die Nationalversammlung in Frankreich auf Mirabeau's Antrag 3 Tage lang Trauer anlegte; ausgeführt aber ist der erste Blitzableiter von **Rich. Watson** zu Payneshill in Nordamerika im Jahre 1762; in Deutschland der erste 1769 zu Hamburg am Jacobithurm.

Unter 168 von **Dueprez***) gesammelten Fällen, in welchen Blitzableiter vom Strahl getroffen wurden, kamen nur 27 vor, wo die mit Ableitern versehenen Gebäude und Schiffe Schaden erlitten; nur 11 Fälle, wo der Blitz ein Gebäude traf, ohne den darauf angebrachten Ableiter zu berühren. Durch Anbringung eines Blitzableiters wird demnach die Wahrscheinlichkeit der Beschädigung eines Gebäudes durch den Blitz in hohem Grade verringert, und zwar um so mehr, je sorgfältiger der Ableiter angelegt ist; denn in den 11 Fällen, wo der Blitz die Ableiter nicht beachtete, lag wohl die Schuld an der schlechten Einrichtung der letzteren.

Die durch den Leiter abströmende Elektricität bewegt sich im Querschnitte**) des Leiters und gelten für diese elektrischen Ströme die **Ohm**'schen Gesetze, nach welchen der elektrische Strom um so stärker wird, je grösser die vorhandene elektrische Spannung, je bessere Elektricitätsleiter zum Ableiten dienen, je grösser der Querschnitt und je geringer die Länge des Ableiters ist. Das Leitungsvermögen der Metalle ist nach **Mathissen** für Silber = 100, Kupfer = 99,9, Gold = 77,9, Zink = 29, Platin = 10,5 bis 18 (nach **Becquerel** nur 7,93), Eisen = 16,8, Zinn = 12,8. Im Kupferdraht ist die Geschwindigkeit der Elektricität pro Secunde = 62000 Meilen, im Messingdraht = 20000 und im Eisendraht nur = 9000 Meilen. Da man in der Atmosphäre die Geschwindigkeit des Blitzes noch mit dem Auge verfolgen kann, so ist deren Leitungsvermögen sehr gering.

Die Ableiter werden, wegen ihres Widerstandes, durch den elektrischen Strom angegriffen, und zwar um so mehr, je grösser die vorhandene Reibung ist. Diese Reibung erzeugt entsprechende Wärme und kann bei höheren Graden Glüh- und Lichterscheinungen, ja selbst die Zerstörung der Leitung zur Folge haben. An den schwächsten Stellen der Leitung werden diese Erscheinungen am stärksten auftreten, weil hier die Widerstände am grössten sind. Da das Kupfer, nächst dem Silber, dem elektrischen Strom am wenig-

*) *Statistique des coups de foudre, qui ont frappé des paratonnerres. Bruxelles* 1859.

) Vergleiche den Artikel: »Zur Beurtheilung der Blitzableiter« vom Herrn Ingenieur **Bauer. Zeitschrift des Bayerischen Architekten- und Ingenieur-Vereins. 1871. S. 109.

sten Widerstand leistet, so wird eine Leitung aus Kupfer bei genügendem Querschnitte am wenigsten erwärmt und zur Erzielung einer gleichen Sicherheit bei Leitungen aus Eisen, muss die eiserne Leitung einen Querschnitt erhalten, der sich zu dem der kupfernen Leitung wie 99,9 : 16,8, oder wie 6 : 1 verhält; die eiserne Leitung erfordert also den 6fachen Querschnitt der kupfernen. Das Platin, welches nach dem Obigen ein geringes Leitungsvermögen besitzt, wird beim Durchgange des elektrischen Stromes verhältnissmässig leicht glühend, und obwohl es sonst sehr schwer schmelzbar ist, wird es doch durch den elektrischen Strom weit leichter geschmolzen als Silber und Kupfer. Wenn sich in einem Leiter geringes Leitungsvermögen mit sehr voluminöser Substanz vereinigen, so werden durch die Reibungswiderstände um so leichter Feuer- und Lichterscheinungen hervorgebracht, daher sind die Eigenschaften der atmosphärischen Luft auch die Ursache, dass der Blitz immer unter heller Lichterscheinung auftritt.

Von den Metallen, die zu den Ableitungen zu verwenden sind, können nur Kupfer und Eisen in Frage kommen, und zwar muss, wie oben bemerkt, die eiserne Leitung mindesten den 6fachen Querschnitt der kupfernen haben, dagegen ist aber der Preis des Kupfers mindestens 10 Mal so hoch als der des Eisens, so dass also eiserne Leitungen jedenfalls billiger werden und daher vorzuziehen sind. Als vortheilhafteste Querschnittform ist die kreisförmige anzusehen, da diese der Oxydation die geringste Oberfläche bietet. Nach einem Gutachten der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin*) genügt für eiserne Leitungen von den gewöhnlich vorkommenden Längen ein Querschnitt von 2,26 □Centim. oder Rundeisen von 17 Millim. Durchmesser; für Leitungen aus Kupfer demnach ein Querschnitt von 0,376 □Centim. oder Kupferdraht von 6 bis 8 Millim. Durchmesser. Die bei der englischen Marine eingeführten kupfernen Ableitungen, deren dünnster Theil einen Querschnitt von 1,82 □Centim. besitzt, haben für Leitungen an festen Gebäuden eine überflüssige Masse.

Kupferdrahtseile haben sich, wenn sie nicht sorgfältig gearbeitet waren, als unzuverlässig gezeigt; gegenüber den Ableitern aus einem einfachen Draht haben sie nach Herrn **Bauer** den Nachtheil von 1 : 2. Um nämlich ein Drahtseil von gewisser Länge herzustellen, müssen wegen des Einspinnens immer Drähte von $\frac{1}{5}$ grösserer Länge verwendet werden und die Summe der Drahtquerschnitte muss daher auch um $\frac{1}{5}$ geringer sein, um bei gleicher Länge auch gleiches Gewicht mit dem einfachen starken Draht zu erhalten. Im Drahtseil hat der elektrische Strom nicht nur den längeren Weg im Verhältniss von 6 : 5 zurückzulegen, sondern auch den geringeren Querschnitt im Verhältniss von 5 : 6 zu überwinden; die Widerstände verhalten sich demnach wie $5^2 : 6^2$ oder wie 2 : 3. Durch das Ueberströmen der Elektricität von einem Draht in den anliegenden anderen an den Berührungslinien könnte zwar dieser Nachtheil bei metallisch reinen Drahtflächen, so lange die Leitung noch neu ist, vermindert werden, aber mit der fortschreitenden Oxydbildung auf der Drahtoberfläche wird sich ein Ausgleich der oben erwähnten Art im Drahtseile immer schwieriger vollziehen. Ferner ist der starke Draht billiger als das gleiche Gewicht des wesentlich dünneren Drahtes und das Spinnen des Drahtes eine kostspielige Arbeit, durch welche Umstände der Preis um $\frac{1}{5}$ erhöht wird. Es kommt demnach zum geringeren Leitungsvermögen der Drahtseile von $\frac{2}{3}$ auch noch eine Preiserhöhung von $\frac{1}{5}$, wodurch der Gesammtnachtheil für das Drahtseil gegenüber dem einfachen Draht auf das Verhältniss von 2 : 1 gebracht wird. Etwas wird dieser Nachtheil des Drahtseils dadurch aufgehoben, dass man dasselbe in Rollen von grosser Länge haben kann, dass also die Verbindungsstellen nicht erforderlich werden; übrigens kann man 6 bis 8 Millim. starken Kupferdraht auch in Rollen anfertigen lassen.

Der Nutzeffect der Blitzableiter nimmt in dem gleichen Verhältnisse ab, wie ihre Leitungslänge zunimmt, daher sollen dieselben mit Vermeidung aller schädlichen Umwege auf dem kürzesten Wege in den Boden geführt werden. Bei hohen Gebäuden und Thürmen

*) Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen 1865. S. 297.

müssen die Ableiter wegen ihrer grösseren Länge auch einen entsprechend stärkeren Querschnitt erhalten, was sich auch durch eine grössere Anzahl der Leitungen von einer Auffangstange bewirken lässt. Die zu Telegraphenleitungen verwendeten **verzinkten** Eisendrähte eignen sich des billigen Preises wegen auch zu Blitzableitern. Eiserne Leitungen erhalten durch den Rost ein sehr übles Aussehen und ein Anstrich mit Oelfarbe hat keinen anderen Nachtheil, als dass er nach jedem Blitzschlage erneuert werden müsste; sehr empfehlenswerth ist verzinktes Rundeisen.

Die Höhe der Auffangstangen ist von der Entfernung der Stangen von einander abhängig. Es liegen hierüber nur wenige Beobachtungen vor und bei diesen lag der nächste vom Blitz getroffene Punkt des Daches in grösserer Entfernung von der Axe der Auffangstange als deren 2fache Höhe betrug. Hieraus ist die jetzt geltende Regel abgeleitet, dass der von einem Blitzableiter geschützte Kreis **die 2fache Höhe der Auffangstange über ihren Befestigungspunkt zum Halbmesser hat** und dass der Mittelpunkt des geschützten Kreises in der Axe der Auffangstange liegt. Diese Regel ist auch 1854 bei Anlage der Blitzableiter auf dem Ausstellungsgebäude zu Paris befolgt, wobei 40 Auffangstangen von 6 bis 7 Meter Höhe nöthig wurden. Dass die Höhe der Auffangstange über dem Erdboden bei der obigen Regel nicht maassgebend ist, haben die Fälle gelehrt, in welchen der Vorder- oder Hintermast eines Schiffes vom Blitze getroffen wurde, obgleich der Hauptmast einen Ableiter trug.

Die Auffangstange soll aus Rundeisen bestehen und nicht weniger als 2 Centimeter Durchmesser haben, damit sie durch eine Entladung aus den Wolken nicht geschmolzen werden kann; grössere Durchmesser sind immer besser als kleinere; Stangen von anderer Querschnittsform leiten zwar den Blitz auch ab, aber bei Ableitung der Elektricität haben sie die Neigung, von ihren scharfen Rändern seitliche Funken abzugeben*), wodurch in manchen Fällen leicht brennbare Materialien entzündet werden können. Um die Stangen vor Rost zu schützen, werden sie am besten **verzinkt.** Am oberen Ende soll die Stange **eine** Spitze (nicht mehrere) aus Kupfer haben, die durch Schraubengewinde mit der Stange verbunden und noch zweckmässig mit Hartloth aufgelöthet wird; diese Spitze wird am äussersten Ende auf etwa 2 Centim. Länge kegelförmig gestaltet. Platinaspitzen haben nichts für sich, als ihre Unveränderlichkeit an der Luft, während sie vom Blitze viel leichter zerstört werden, als solche aus Kupfer von gleichen Abmessungen; die Oxydation des Kupfers kann durch Vergoldung (im Feuer) beseitigt werden. Am meisten empfehlenswerth ist es jedenfalls, wenn man die Kupferspitze mit einem kleinen Konus aus reinem Silber versieht, da dieses ein weit grösseres Leitungsvermögen als Gold besitzt und an der Luft ebenfalls nicht oxydirt.

Fig. 975.

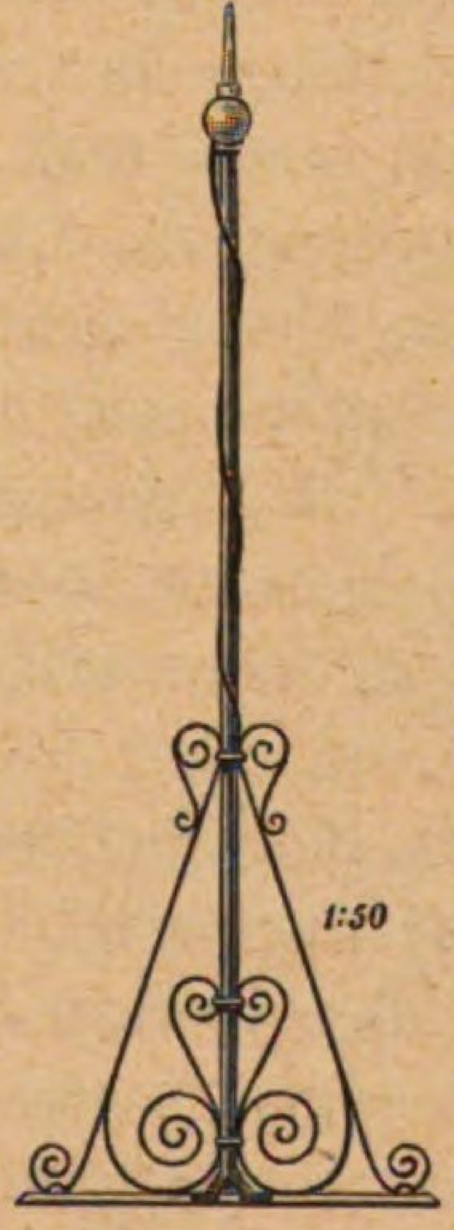


Fig. 976.

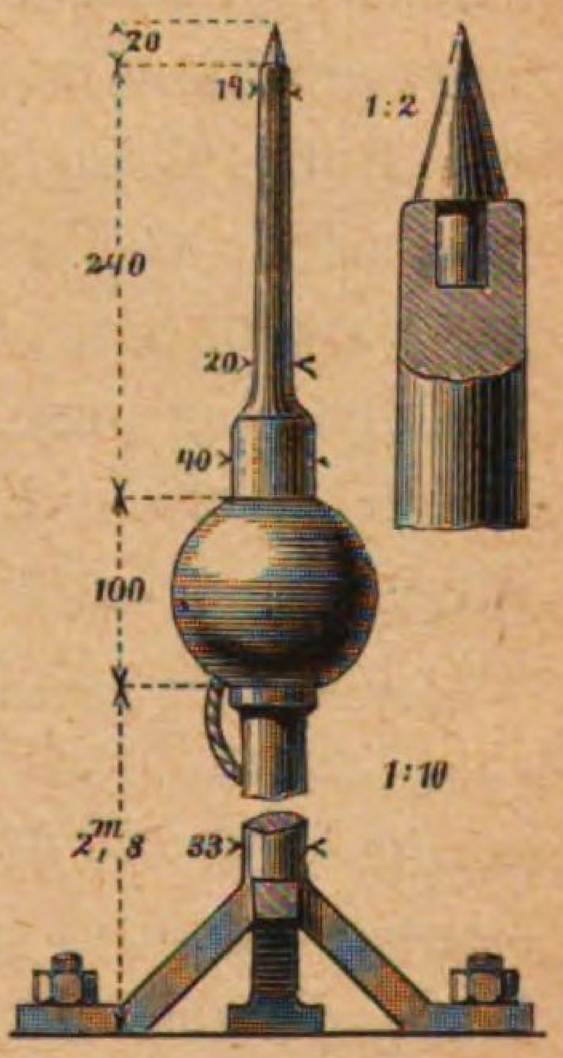


Fig. 975 zeigt eine Auffangstange, die vom Verf. dieses Werkes für das Hauptgebäude der Villa **Krupp** aufgestellt wurde. Das Detail dieser Auffangstange, in $^1/_{10}$ resp. $^1/_2$ der wirkl. Grösse, giebt Fig. 976. Die Stange selbst besteht aus Rundeisen von 33 Millim. Durchmesser, sie ist durch 4 Arme mittelst Schraubenbolzen auf dem Dache befestigt und wird ausserdem noch durch 4 decorativ gestaltete Stützen aus 2 × 1 Centim. starkem Flacheisen abgesteift. Das obere Ende der Stange besteht auf 24 Centim. Länge aus Kupfer mit einem kleinen Kegel aus Silber, dieser hat 2 Centim. Höhe, 1 Centim. unteren Durchmesser und greift

*) Vergleiche: »Ueber Blitzableiter« von Prof. **Joseph Henry** in der Deutschen Bauzeitung 1871. S. 409, aus dem *American Journal of science and arts.*

mit einem 1 Centim. langen Zapfen in die Kupferstange; beide Theile sind mit einander verlöthet. Die Ableitung besteht aus einem 10 Millim. starken Kupferdrahtseil, welches mit der Auffangstange nach Fig. 977 verbunden ist. Auf das obere Ende der eisernen Auffangstange ist nämlich eine ausgedrehte gusseiserne Kugel aufgeschoben, die eine seitliche Oeffnung hat, durch welche das Drahtseil gesteckt ist. An dem Ende des Drahtseils wurde ein kurzer Zapfen aus Kupfer angelöthet, der in dem Loche der Kugel gut passt und oben einen Ansatz mit Schraubengewinde hat, worauf die kupferne Auffangstange aufgeschraubt ist; die gusseiserne Kugel verbindet also die 3 Theile mit einander, wobei aber die eiserne Stange nichts weiter mit der Ableitung zu thun hat, sondern nur als Träger der Auffangspitze und des Drahtseils dient; das letztere ist um die Stange herumgeschlungen und dann auf dem kürzesten Wege in den Erdboden geleitet.

Fig. 977.



1:5

Für Leitungen aus Kupfer wird meistens ein Draht von 6 bis 8 Millim. Durchmesser, für eiserne Leitungen Rundeisen von 15 bis 20 Millim. Durchmesser genügen. Je kürzer und directer die Leitung nach der Erde geführt wird, desto besser ist es. Scharfe Ecken beim Biegen der Leitung, oder hervorragende Spitzen längs ihres Laufes sollen durchaus vermieden werden. Die Leitung ist an dem Hause mittelst eiserner Oehre zu befestigen und **nicht** zu isoliren, da die Isolirung nach den Untersuchungen des preussischen Ingenieur-Comités überflüssig und sogar gefährlich ist. Sind einzelne Theile einer Leitung mit einander zu verbinden, so müssen sich bei eisernen Leitungen die beiden Theile auf einer Fläche von mindestens 10 □Centim. berühren. Man kann die Rundeisen hierbei schräg zuschärfen, sie durch Nieten verbinden und dann die Verbindung mit Zinn überlöthen, damit dieselbe nicht rostet; besser ist noch eine Hartlothverbindung, wenn diese ausführbar wird. Eine vollkommene metallische Continuität in der Ableitung der ganzen Länge nach, ist ein Haupterforderniss für gute Leitungen.

Dachdeckungen aus Metall und erhabene Gegenstände auf dem Dache mit scharfen Kanten und Ecken müssen mit Kupferblechstreifen versehen und mit der Leitung metallisch verbunden werden. Eiserne Dachbinder, grössere Metallmassen im Innern des Gebäudes, namentlich senkrechte Röhrenstränge etc., sind ebenfalls mit der Ableitung in metallische Verbindung zu bringen.

Die Ableitung soll mit der Erde in der möglichst vollkommensten Weise verbunden sein. In Städten giebt es zu diesem Zwecke nichts Besseres als eine gute metallische Verbindung der Blitzleitung mit den Haupt-Gas- und Wasserröhren in den Strassen. Eine solche Verbindung ist nach Prof. **J. Henry** absolut nothwendig, sobald sich Gas- und Wasserröhren in dem durch die Blitzleitung geschützten Hause befinden. Die Elektricität der Atmosphäre wirkt in der Entfernung mittelst Induction auf die verticalen Gasröhren innerhalb des Hauses, oder macht dieselben so hoch **negativ** elektrisch, während die Wolke **positiv** elektrisch ist, dass sie im Stande sind, die Elektricität von dem Blitzableiter, welcher nur unvollkommen mit der Erde in Verbindung gebracht ist, oder sogar trotz des Daches aus der Luft selbst an sich zu ziehen; Beschädigungen an Gebäuden, die sich aus dieser Ursache ereignen, sind nicht selten. Man kann die Verbindung zwischen Blitzableiter und der Röhrenleitung oberhalb herstellen, indem man an das Ende der Blitzleitung einen Streifen Kupferblech anlöthet, diesen mehrmals um die Röhre windet und ihn dann auch mit der Röhre in festen Zusammenhang bringt. Wo eine Verbindung der Blitzleitung mit der Erdleitung in der angegebenen Art und Weise nicht hergestellt werden kann, da soll die Leitung, am Ende mit einer angelötheten Metallplatte oder mit mehreren Spitzen versehen, unter dem tiefsten Stand des Grundwassers in den Erdboden, oder in einen Brunnen einmünden, der stets Wasser enthält. Bei einem Sand-, Kalk- oder Granitboden hat man es für nöthig gefunden, die Blitzleitung ausser der Endigung in der Tiefe, noch mit einer zweiten Endigung zu versehen, welche die Ableitung mit der Oberfläche des Bodens verbindet*).

*) *Comptes rendus de l'Académie. Bd.* 40, *p.* 408 *und Duprez' Statistique etc. p.* 20.

Das Hauptgebäude der Weltausstellung zu Paris war völlig von einer eisernen Stange umschlossen, von der in gewissen Abständen Auffangstangen emporragten, während das ganze System mittelst 4 Brunnen, je einer auf den 4 Ecken des Gebäudes, mit dem Erdboden in Verbindung gebracht war. Die Blitzableitung auf dem Dache der polytechnischen Schule zu Aachen ist in Fig. 10, **Blatt 17**, dargestellt.

§. 133. Die verschiedenen Systeme der Haustelegraphie.

Mit Recht sind die alten mechanischen Glockenzüge in neuerer Zeit auch in untergeordneten Gebäuden und in Zinshäusern durch die galvanischen und pneumatischen (Luftdruck-) Klingeln immer mehr verdrängt, indem die Leitungen der ersteren die Räume verunzieren und durch Abreissen der Drähte häufigen Reparaturen ausgesetzt sind. Richtig und solide ausgeführte galvanische Leitungen haben mindestens eine Dauer von 10 Jahren und bedürfen nur in sehr seltenen Fällen einer Reparatur, dabei übersteigen die Unterhaltungskosten der Batterie nicht die Reparaturkosten anderer Klingeln. Die feinen Drähte der galvanischen Leitungen werden bei Neubauten in der Regel unter die Tapeten gelegt, sie können aber auch freigelegt werden, indem man ihre Farbe der Wand- oder Tapetenfarbe entsprechend wählt und kann die Leitung jederzeit ohne Schwierigkeit geändert oder erweitert werden. Dies ist bei den pneumatischen Leitungen nicht der Fall, da die etwa 5 Millim. dicken Bleirohre, um sie dem Auge zu entziehen, verputzt werden müssen. Für complicirte Leitungen mit mehreren Klingeln etc. und einer Entfernung über 40 Meter wähle man stets galvanische, dagegen sind pneumatische Klingeln für einfache Leitungen und kurze Entfernungen zweckmässiger, weil sie keine Batterie nöthig haben; galvanische Apparate aber gestatten eine grössere Eleganz, da die Druckknöpfe etwa nur den 4. Theil des Durchmessers der pneumatischen Knöpfe erfordern. Bei Einrichtung einer pneumatischen Leitung mit einer Glocke braucht man ein Leitungsrohr, welches von dem Druckknopfe nach der Glocke geführt wird; die Verbindungsstellen der Rohrleitung müssen sorgfältig mit Kolophonium oder Salmiak und Oel gelöthet werden; wo dies nicht ausführbar ist, verbindet man die Rohre durch einen übergeschobenen Gummischlauch. Tableaux erfordern so viel Leitungsröhren wie Nummern auf dem Tableau vorhanden sind. Fig. 978 zeigt die Druckvorrichtungen zu den pneumatischen Klingeln und Telegraphen; *A* ist eine elastische Birne aus rothem Kautschuk, mit einem Schlauche versehen, der oben auf der Leitung befestigt wird; *B* und *C* sind Druckknöpfe aus Elfenbein in Holz- oder Messingrosetten geführt. Für einfache Klingeln erhalten die Rosetten etwa 8 und die Druckknöpfe $2^1/_2$ Centim. Durchmesser; lange Leitungen erfordern stärkere Druckknöpfe. Die elastischen Birnen werden mit der Hand gedrückt, wodurch die darin befindliche Luft durch die Leitungsröhre nach einem kleinen Gummibehälter im Gehäuse der Klingel entweicht, diesen, sowie eine kleine darauf befestigte Zahnstange aufhebt und dadurch einen Mechanismus in Bewegung setzt, der den Klöppel gegen eine Glocke schlagen lässt. Fig. 979 giebt die Ansicht dieser kleinen Klingeln mit Weckerschlag, welche in der einfachsten Weise mittelst Drahtstiften an der Wand befestigt werden; *l* ist das etwa 5 Millim. starke Bleirohr; *k* der gegen die Gloke schlagende Klöppel. Ausser den Klingeln mit Weckerschlag hat man auch etwas einfachere Apparate mit einfachem Schlag. Um den Mechanismus der Klingeln vor Staub zu schützen, ist er in einem kleinen Gehäuse aus Mahagoniholz oder aus Blech eingeschlossen.

Fig. 978.

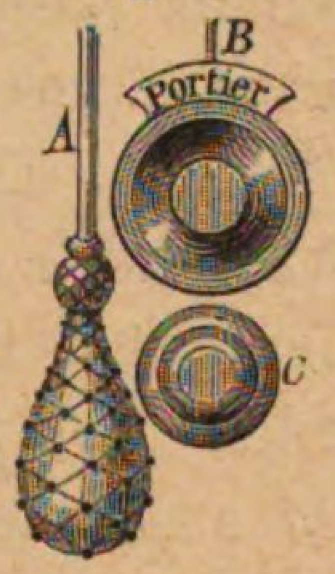


Fig. 979.

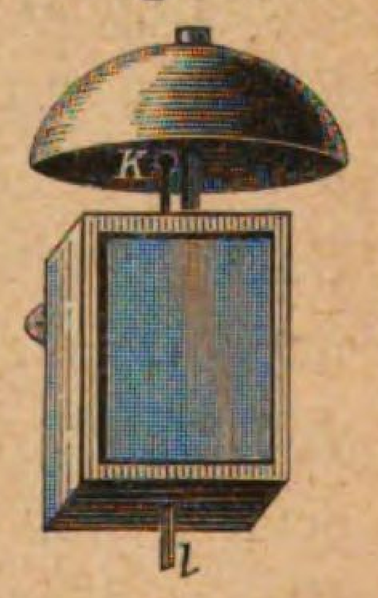
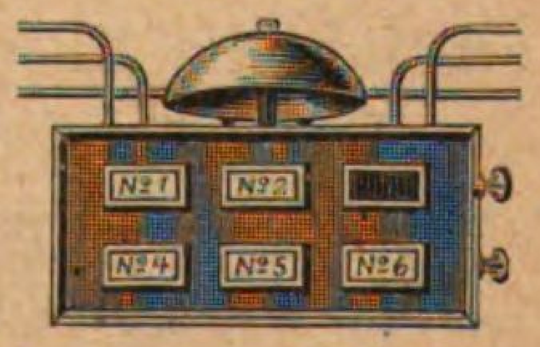


Fig. 980.

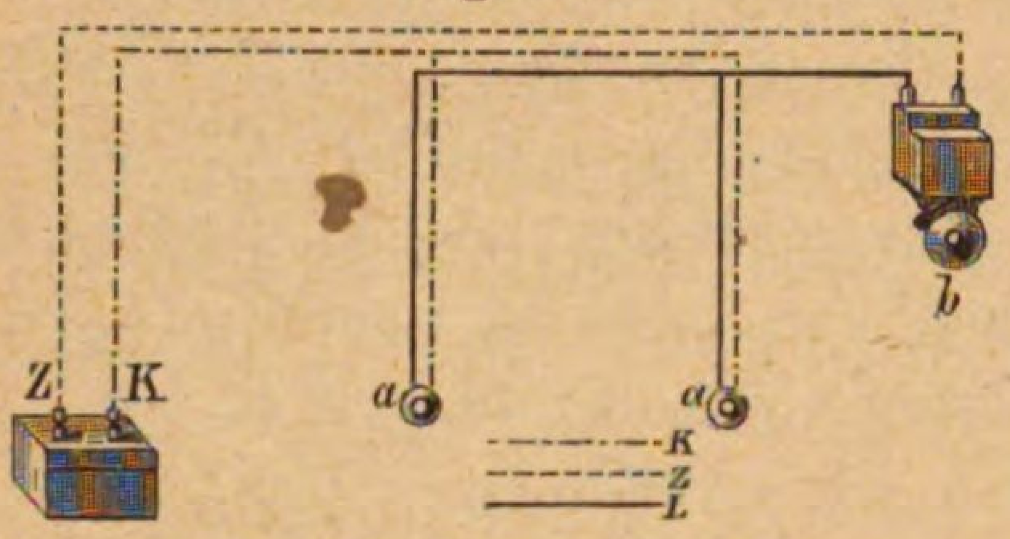


Die Ansicht eines Tableau giebt Fig. 980; die darauf befindliche Klingel schellt und zugleich fällt die Nummer des Zimmers, von wo aus geschellt wurde. Die Kosten der pneumatischen Haustelegraphen, wie sie von **Aug. Weyers** in Cöln sowie von **Keiser** und **Schmidt** in Berlin geliefert werden,

sind folgende: Glocke mit einfachem Schlag 10 bis 11 Mark, desgl. mit Weckerschlag 12 bis 21 Mark, grosse Hausglocke mit starkem einfachen Schlag 30 Mark, einfacher Druckknopf von polirtem Holz und Elfenbein 4 Mark, eine Kautschukbirne mit Schlauch $4^1/_2$ Mark, desgl. mit Seide übersponnen, 9 bis 11 Mark, Tableaux pro Nummer 10 bis 12 Mark, Leitungsrohre, fertig gelegt, pro lauf. Meter ca. $^1/_2$ Mark.

Beim Legen der galvanischen Leitungen zieht man von dem Aufhängepunkte der Glocke *b*, Fig. 981, einen Draht direct nach dem Zinkpol der Batterie, einen anderen Draht von der Glocke nach dem von ihr am weitesten entfernten Druckknopfe und einen dritten Draht von dem Kupferpol der Batterie nach dem der Glocke zunächst gelegenen Druckknopfe. Die horizontalen Stränge der Drähte legt man in die Borte der Zimmer auf kleine Isolirrollen von Knochen, welche mit $2^1/_2$ bis 3 Centim. langen verzinnten Stiften in der Mauer befestigt werden, und lässt sie der Sicherheit wegen frei liegen, da sie doch in der Borte fast nicht sichtbar sind und man spätere Aenderungen dann leicht vornehmen kann. Es darf nur **ein** Draht auf einer Rolle liegen und müssen die Drähte in der Höhenrichtung ·5 bis 10 Millim. von einander abstehen. Für die beiden von jedem Druckknopfe ausgehenden verticalen Drähte werden bei Neubauten feine Rinnen in den Putz eingerissen, damit die Tapeten die Drähte vollständig verdecken; für bereits tapezirte Räume legt man auch diese Drähte frei, indem man Zimmerleitungsdraht von der Farbe der Tapeten anwendet. An den Stellen, wo die isolirten Drähte durch die Wände oder über Gas- und Wasserleitungsröhren geführt werden, muss man sie mit erwärmtem Guttapercha-Papier sorgfältig belegen. Bei sehr feuchten Mauern verwendet man übersponnenen Guttaperchadraht oder man legt den Draht in Glasrohr, was auch geschehen muss, wenn man den Draht mit Putz bewerfen will. Die Stellen der Drähte, die mit einander, mit Polschrauben, mit Druckknöpfen oder Apparaten verbunden werden, sind von der isolirenden Umhüllung zu befreien und blank zu machen, nach der Verbindung zweier Drahtenden muss die Verbindungsstelle mit erwärmtem Guttapercha-Papier belegt werden.

Fig. 981.



In Fig. 981 bezeichnet *K* den Draht vom Kupferpol, *Z* den Draht vom Zinkpol der Batterie und *L* die Leitung. Die in Fig. 981 dargestellte Anordnung ist für kleinere Wohnungen passend; hier kann die Klingel in der Küche und in jedem Zimmer ein Druckknopf angebracht werden. Die passende Stelle für die Druckknöpfe ist z. B. im Arbeitszimmer beim Pult, im Schlafzimmer über dem Bette, im Wohnzimmer über dem Sopha, im Badezimmer über der Wanne etc. Tableaux hängt man an solchen Stellen auf, wo sie am leichtesten von den Dienstboten erblickt werden können. Hierbei kann man die Anordnung so treffen, dass von einem Zimmer aus nur die Glocke läutet, von den übrigen Räumen aus aber läutet die Glocke und zugleich fällt auf dem Tableau die Nummer des betreffenden Zimmers. Die Drahtleitung ist dann so einzurichten, dass vom Zinkpol der Batterie ein Draht nach der Glocke läuft, vom Kupferpol der Batterie aber wird ein Draht nach dem entferntesten Knopfe geführt, mit dem die Drähte von allen anderen Knöpfen verbunden werden. Von jedem Druckknopfe ist dann noch eine Leitung nach dem Tableau erforderlich und ausserdem muss von der Leitung des Knopfes, von dem aus nur die Glocke läuten soll, eine Verbindung mit der Glocke hergestellt werden. Zwei oder mehrere Druckknöpfe können ein und dieselbe Nummer auf dem Tableau haben; in diesem Falle erhalten die Knöpfe derselben Nummer eine gemeinschaftliche Leitung nach dem Tableau.

Die galvanische Batterie wird gewöhnlich in der Küche, im Corridor, oder im Kloset aufgestellt; sie bestehen am besten für Wohnhäuser aus 3 bis 4 **Meidinger**'schen Elementen. Leitungen, bei denen stets nur **eine** Glocke auf einmal läutet, erfordern 3 Elemente; Leitungen mit Tableaux oder mit mehreren gleichzeitig läutenden Glocken 4 bis 6 Elemente. Eine solche Batterie bleibt 1 bis $1^1/_2$ Jahre zuverlässig constant und bedarf keine Säuren zur

Nachfüllung. Das **grosse** Glas jedes Elementes wird etwa bis zur Hälfte mit Flusswasser gefüllt, so dass nach dem Einsetzen des Ballons der Zinkcylinder vollständig im Wasser steht, worin vorher 100 Gramm Bittersalz aufgelöst wurden. Der **Ballon** wird mit erbsengrossen Stücken Kupfervitriol gefüllt und Wasser zugesetzt, dann wieder Kupfervitriol nachgefüllt etc. bis der Ballon ganz voll ist, worauf man ihn mit einem Kork, durch den eine Federpose gesteckt ist, verschliesst. Der Kupferring wird in das kleine, der Zinkring in das grosse Glas gestellt; das Wasser muss bis zur oberen Wölbung des Ballons reichen, was man dadurch bewirkt, dass man beim Einsetzen desselben den Finger vor die Oeffnung des Ballons hält. Durch Polschrauben verbindet man den Zinkpol eines Elementes mit dem Kupferpol des anderen, wodurch an einem Ende der Batterie ein Kupferpol, am anderen Ende desselben ein Zinkpol frei bleibt; mit diesen Polen wird dann die Leitung verbunden.

Die Telegraphenbauanstalt von **Keiser & Schmidt** in Berlin liefert die galvanischen Apparate zu folgenden Preisen: 3 Meidinger'sche Elemente mit Kasten $16\frac{1}{2}$ Mark, desgl. 4 Elemente 21 Mark, beliebigen Leitungsdraht pro 1 Kilogr. 16 Mark, beliebig gefärbte Isolirrollen von Knochen pro 100 Stück 2 Mark, 1000 Stück verzinnte Stifte $1\frac{3}{4}$ Mark, Guttapercha-Papier pro Meter 2 Mark, Druckknöpfe (Contacte) $1\frac{1}{2}$ bis 4 Mark, Tretcontacte, im Parquet einzulegen, $10\frac{1}{2}$ Mark, gewöhnliche Klingeln $11\frac{1}{2}$ bis 13 Mark, grössere mehr, Weckerglocken, so lange läutend, bis der Gerufene sie abstellt, 15 Mark, Tableaux mit Nummern oder sonstigen Bezeichnungen pro Nummer 11 Mark, bei mehr als 8 Nummern 9 Mark etc. Die Anlagekosten der galvanischen Leitungen belaufen sich bei Anwendung einfacher Klingeln pro Raum auf ca. 15 Mark, mit Tableaux auf etwa 30 Mark. Die fertige Leitung allein kostet pro lauf. Meter 0,25 bis 0,3 Mark. Die jährlichen Unterhaltungskosten der Apparate etc. betragen etwa 4 Proc. der Anlagekosten.

Sprachrohre werden aus Zinkblech gefertigt und erhält das Leitungsrohr ca. 2 Centim. Durchmesser; sie werden mit einem einfachen Mundstück, häufig aber auch noch mit einer Pfeife versehen. Scharfe Winkel in der Leitung und Vereinigung mehrerer Leitungen zu einer gemeinschaftlichen sind nicht zulässig, da der Effect der Sprachrohre hierdurch unzureichend wird. Das fertig gelegte Leitungsrohr kostet pro lauf. Meter ca. $1\frac{1}{2}$ Mark, 1 Bogenstück ca. $\frac{1}{2}$ Mark, 1 Mundstück ca. $1\frac{1}{2}$ bis 3 Mark, 1 Mundstück mit Pfeife 3 Mark.

Depeschenleitungen durch Pneumatik werden zuweilen zur Beförderung von schriftlichen Aufträgen für grosse Etablissements ausgeführt. Hierbei ist ausser dem Leitungsrohr und der Kapsel zur Aufnahme der Depesche noch ein Blasebalg erforderlich, der die Kapsel durch das Rohr treibt. Mit dieser Einrichtung werden pneumatische oder elektrische Klingeln verbunden, welche die Aufgabe oder Ankunft der Depesche anzeigen.

Th. Schachner in Wien liefert ebenfalls alle Apparate zur Haustelegraphie.

Vierzehnter Abschnitt.

Fenstergitter, Thüroberlichte, Geländer und Einfahrtthore.

§. 134. Schmiedeeiserne Fenstergitter und Thürfüllungen.

Füllungen zum Schutze der Verglasungen in Thüren und Souterrainfenstern wurden früher meistens aus Gusseisen hergestellt; da dieses Material aber sehr spröde ist und leicht zerbricht, wenn man die einzelnen Sprosse nicht sehr stark macht, so fertigt man in neuerer Zeit derartige Füllungen fast ausschliesslich aus Schmiedeeisen, weil man die einzelnen Stäbe oder Sprossen dann sehr schwach halten kann und das Gitter dabei doch stark und widerstandsfähig wird. Hierzu kommt noch der Vortheil, dass die aus Walzeisen hergestellten Gitter leicht scharfkantige rechteckige Stäbe erhalten können, was bei den gusseisernen Gittern nicht der Fall ist, indem das flüssige Gusseisen die scharfen Kanten in der Form wegen zu rascher Abkühlung nicht so vollständig ausfüllt.

Die Schmiedekunst hat zwar im Mittelalter schon einen hohen Grad der Vollkommenheit erreicht, da aber die Eisenstäbe je nach ihrer Form einzeln ausgeschmiedet werden mussten, so wurden derartige Arbeiten sehr theuer und konnten aus diesem Grunde nicht allgemeine Anwendung finden. Erst mit der Ausbildung der Walzkunst, welche eine billige Herstellung des Stabeisens von beliebigen Querschnittsformen ermöglichte, haben die zierlichen Arbeiten aus Schmiedeeisen im Baufache allgemeinere Anwendung gefunden.

Auf **Blatt 19** und **20** sind verschiedene Fenster und Thürvergitterungen dargestellt. Die in Fig. 1 bis 4, **Blatt 19**, gegebenen Thürfüllungen sind von dem Schlossermeister **E. Puls** in Berlin ausgeführt und bestehen die verticalen Stäbe in Fig. 1 und 3 aus ca. 10 Millim. starkem Rundeisen. Fig. 5, **Blatt 19**, zeigt ein Gitter von den Souterrainfenstern des **Union-Hotels** zu Wien. Die Hauptstäbe bestehen aus 7 $\times$ 22 Millim. starkem Flacheisen, während die schrägen gekreuzten Stäbe nur 4 $\times$ 11 Millim. Stärke haben. An den Kreuzpunkten, wo die Stäbe zur Hälfte über einander greifen, ist die Verbindung durch eine darüber gegossene Bleirosette verstärkt; diese Rosetten giesst man in eiserne zangenartige Formen über die Verbindungen. Mittelst Holzschrauben und Schloss ist die ganze Füllung an eingemauerten Holzklötzen im Mauerwerke befestigt. Fig. 6 giebt eine Thürfüllung von demselben Hotel; das Flacheisen zu dem Rahmen und zu den Ranken hat 5 $\times$ 16 Millim. Stärke. Beide Theile sind von dem Architekten **Prokop** entworfen und von dem Schlossermeister **Wilhelm** ausgeführt.

Das Gitter Fig. 7 ist von der Eingangsthür der Villa des Bauraths **Schwatlo** in Berlin entlehnt; der mittlere Stab ist ca. 7 Millim., die übrigen Eisen aber sind nur 3 Millim. stark. Fig. 8 zeigt das Gitter von einer Thür in der Schulerstrasse zu Wien, die 3 mittleren Verticalstäbe bestehen aus 8 $\times$ 20, die Ranken und der Rahmen aus 5 $\times$ 20 Millim. starkem Flacheisen. Fig. 9 ist ein Theil von einer Souterrainfenster-Vergitterung eines Hauses in der Eschenbachgasse zu Wien. Jedes Gitter besteht aus 5 solchen Theilen, die zusammen 1,12 Meter Breite haben. Der Rahmen und die stärker gezeichneten Eisen sind 6 $\times$ 23, die übrigen 3 $\times$ 23 Millim. stark; die Sterne, aus schwachem Eisenblech getrie-

ben, haben 45 Millim. Durchmesser. Fig. 10 und 22 sind zierliche Gitter von Souterrainfenstern an Wohngebäuden in Wien; die Gitter, in $^1/_{20}$ der wirkl. Grösse dargestellt, bestehen in den Hauptstäben aus Flacheisen von 6 $\times$ 20 Millim. Stärke, wogegen die gebogenen Theile bei derselben Breite nur 3 Millim. stark sind. Fig. 11 ist eine in Düsseldorf skizzirte Hausthürfüllung. Fig. 12 und 13 sind Gitter von Souterrainfenstern an Wohngebäuden zu Wien; der Rahmen Fig. 12 besteht aus Flacheisen von 8 $\times$ 30 Millim., die Verticalstäbe aus Rundeisen von 15 Millim. und die 3 Horizontalverbindungen aus je 2 Flacheisen von 20 $\times$ 4 Millim. Stärke; die Rosetten haben 52 Millim. Durchmesser und die decorativen Verstärkungen auf den runden Verticalstäben bestehen aus Gusseisen. Rahmen und Stäbe des Gitters Fig. 13 sind Flacheisen von 20 $\times$ 6 Millim. Stärke, die Ranken und Ringe sind nur halb so dick.

Das Gitter Fig. 14, für die Souterrainfenster der Villa Waldhausen in Essen ausgeführt, ist in $^1/_{10}$ der wirkl. Grösse gezeichnet, es hat aber in der Breite anstatt 4, in Wirklichkeit 6 Felder; die Verticalstäbe sind aus 13 Millim. starkem Rundeisen, die Horizontalstäbe aus 12 $\times$ 25 Millim. starkem Flacheisen gefertigt und sind die ersteren durch entsprechende Löcher der letzteren hindurchgesteckt und ohne Rahmen an den Enden eingemauert. Das Eisen zu den Ranken ist 5 $\times$ 13 Millim. stark, die zu beiden Seiten der Voluten aufgenieteten Sterne sind aus Eisenblech getrieben. Sehr einfache Motive zu Gittern für Kellerfenster geben die Fig. 15 bis 17, **Blatt 19,** sowie Fig. 22 und 23, **Blatt 20.** Die sehr reiche Füllung Fig. 18, **Blatt 19,** wurde von dem Schlossermeister **E. Puls** in Berlin ausgeführt; das Gitter Fig. 19 ist von den Architekten **Hennicke** und **v. d. Hude** entworfen. Ein sehr zierliches Gitter zeigt Fig. 20 in $^1/_{10}$ der wirklichen Grösse; dasselbe ist für die Souterrainfenster eines Wohngebäudes am Parkring zu Wien angewendet; die Blätter, Blattkelche, Sterne und Rosetten sind sämmtlich aus Blech getrieben und sehr sauber gearbeitet. Fig. 21 zeigt eine Füllung für eine runde Oeffnung in einer Eingangsthür.

Das in $^1/_{10}$ der wirklichen Grösse dargestellte Fenstergitter Fig. 1, **Blatt 20,** von den Parterrefenstern eines Wiener Wohnhauses, hat in den Hauptstäben 6 $\times$ 20 Millim. Stärke, während die Ranken bei derselben Breite nur halb so stark sind. Fig. 3, in $^1/_{10}$ der wirkl. Grösse, ist ein sehr zierlicher Fenster- und Glasthüreinsatz vom Lehrter-Bahnhofe in Berlin, das Rahmeisen ist 7 $\times$ 13, das Rankeneisen 5 $\times$ 13 Millim. stark und die kleinen Rosetten haben 52, 36 oder 26 Millim. Durchmesser; die $8^1/_2$ Centim. langen Blätter sind aus Eisenblech getrieben und haben am Stiel 3 Centim. Breite. Der Fenstereinsatz Fig. 4 ist von dem Herrn Oberbaurath **H. v. Ferstel** entworfen; ebenso auch die in Fig. 8 dargestellte Vergitterung des Oberlichtes in der Eingangsthür vom chemischen Laboratorium zu Wien. Sehr schön sind die Oberlicht-Vergitterungen Fig. 5 und 14 gebildet, während Fig. 10 zu sehr gefüllt ist und dadurch unruhig wirkt, was namentlich hervortritt, wenn man mit diesem Gitter das in Fig. 982 dargestellte vergleicht. Die Ranken und Blätter der Oberlichtvergitterung Fig. 6 sind an sich nicht schön entwickelt. An Wiener Wohngebäuden findet man die in Fig. 7 dargestellte Vergitterung sehr häufig für Thüroberlichte angewendet, doch wirkt dieses Gitter nicht so vortheilhaft wie die centrale Theilung Fig. 5 und 14 und ist die Herstellung derselben nicht leichter als die der letzteren; dasselbe ist auch bei dem Gitter Fig. 20 der Fall. Einfach in der Ausführung ist die Oberlichtfüllung Fig. 9, da diese nur aus wenigen zusammengenieteten Theilen besteht. Die rechteckige Füllung Fig. 2 ist für eine Eingangsthür eines Wohnhauses zu Pest ausgeführt.

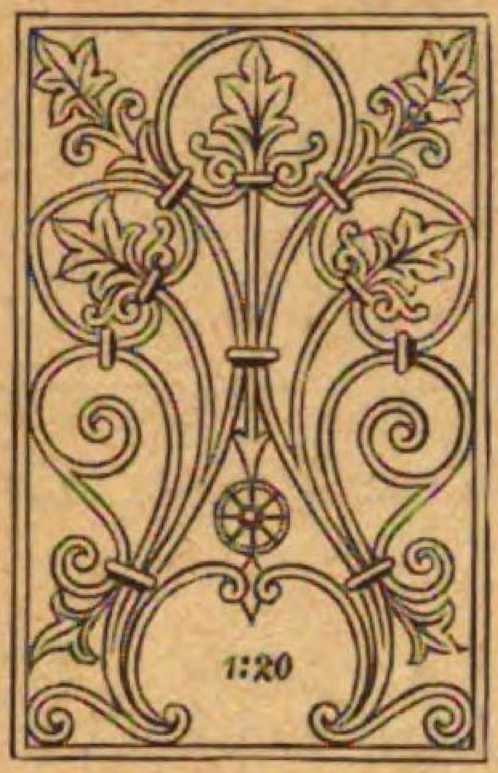
Fig. 982.



Motive zu rechteckigen Füllungen für Fenster und Thürflügel sind noch in Fig. 11, 12, 18, 19 und 21 dargestellt, auch Fig. 13 giebt einen schmiedeeisernen Thüreinsatz. Die Fensterfüllung Fig. 983 ist vom Herrn Prof. **J. Durm** für das Portal der Rheinbrücke bei Mannheim entworfen. Gewöhnlich werden die Flacheisen, woraus man derartige Füllungen oder Gitter herstellt, möglichst schwach gehalten; man nimmt hierzu Flacheisen von 12 bis 15 Millim.

Breite und 3 bis 7 Millim. Stärke. Zum Schutze gegen Rost werden solche Füllungen meistens mit Oelfarbe gestrichen, und zwar silbergrau; sollen dieselben sehr elegant sein, so werden sie versilbert oder vergoldet.

Fig. 983.



§. 135. Geländer und Einfriedigungs-Gitter.

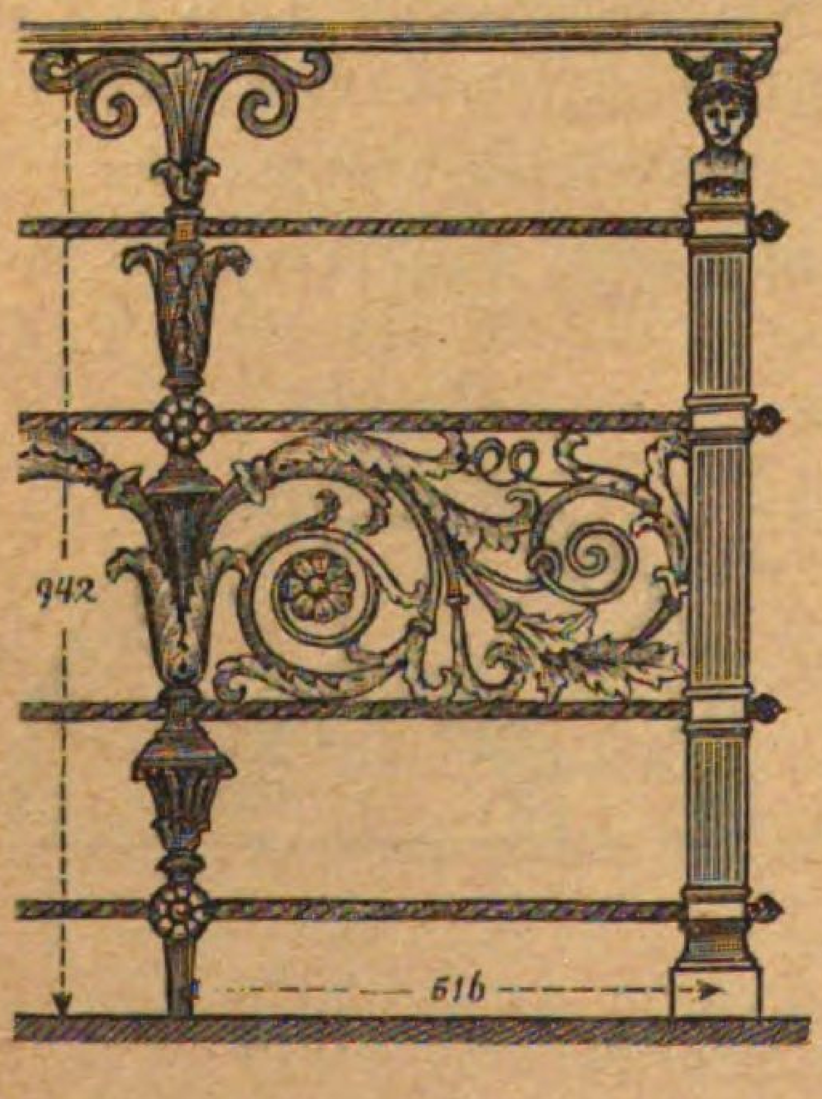
Geländer und Gitter aus Gusseisen*) werden in neuerer Zeit immer seltener ausgeführt, indem solche aus Schmiedeeisen sich leichter herstellen lassen und weniger zerbrechlich sind. Die Ausbildung der gusseisernen Geländer und Gitter ist sehr mannigfaltig; im Allgemeinen werden verticale Pfosten in entsprechenden Abständen auf festen Sockeln befestigt und verbindet man diese Pfosten durch Querstäbe mit einander; die hierdurch gebildeten Zwischenräume können in der verschiedenartigsten Weise ausgefüllt werden. Fig. 984 zeigt ein gusseisernes Gitter, dessen Pfosten 1,3 Meter Abstand von Mitte zu Mitte haben, oben und unten sind zwischen diesen feststehenden Pfosten entsprechend profilirte Rahmstücke befestigt, wodurch die Einfriedigung hergestellt ist. Zur Ausfüllung des Rahmens dient hier ein emporwachsendes Pflanzenornament, welches separat gegossen und durch Stifte mit dem Rahmen verbunden ist. In anderer Weise gestaltete Füllungen zeigen Fig. 697 und 781. Sehr oft wird der in Fig. 6 und 7, **Blatt 14**, eingezeichnete Stab als Geländerfüllung angewendet.

Fig. 984.



Das gusseiserne Balcongeländer Fig. 985 ist von dem Herrn Geh. Baurath **F. Hitzig** für ein Wohngebäude in Moskau entworfen und von der **Wilhelmshütte** bei Seesen (Braunschweig) ausgeführt. Hierbei haben die festen Pfosten einen rechteckigen Querschnitt, sie stehen in 1,03 Meter Entfernung von Mitte zu Mitte und tragen oben einen Hermeskopf, auf dem die Handleiste des Geländers befestigt ist. In der Mitte zwischen 2 Pfosten steht ein gegen die Handleiste emporwachsender Stab, aus dessen Blattkelch 2 Ranken hervorwachsen, welche die Füllung zwischen den Pfosten bilden. Vier Längsstäbe, in Form straff angezogener Schnüre, geben die weitere Füllung zwischen den Pfosten und Geländerstäben.

Fig. 985.



Schmiedeeiserne Geländer und Gitter haben den Vorzug, dass man sie leicht beschaffen kann, da sie aus Stabeisen hergestellt werden, die überall im Handel vorkommen, und dass sie nicht so leicht zerbrechlich sind wie solche aus Gusseisen. Fig. 986 und 987 zeigen einfache Einfriedigungsgitter aus Schmiedeeisen. Die in entsprechenden Abständen aufgestellten stärkeren Pfosten können aus 5 bis 6 Centim. starkem Gasrohr bestehen; sie werden ziemlich tief in den Steinsockel eingelassen und mit Cement oder besser mit dem S. 366 erwähnten Kitte darin befestigt. Gewöhnlich wird die Seitensteifigkeit dieser Pfosten noch durch einseitig angebrachte Streben vergrössert, in der Weise, wie dies bei *e* in Fig. 687 angedeutet ist. An den Pfosten werden die Längeneisen, aus 20 bis 25 Millim. breiten, 4 bis 6 Millim. starkem Flacheisen bestehend, ange-

Fig. 986.

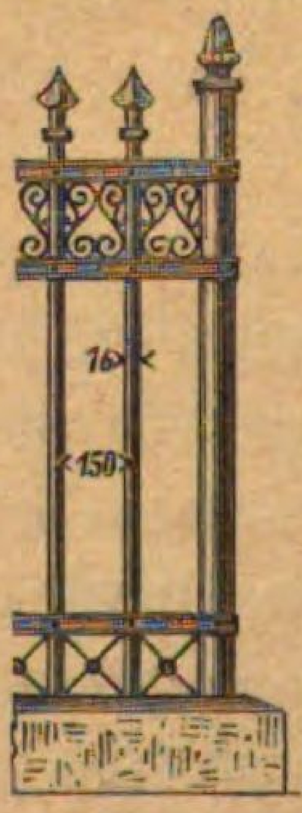
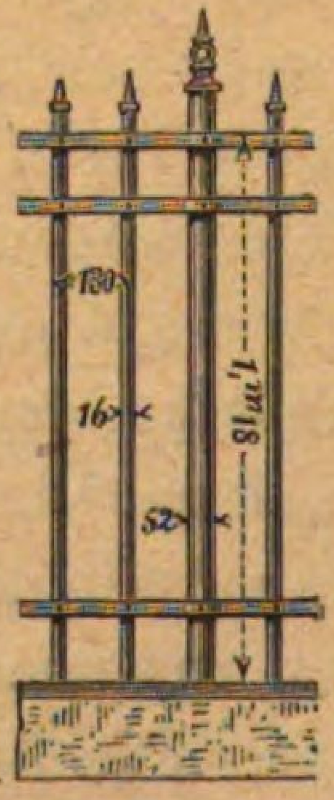


Fig. 987.



*) Gusseiserne Geländer und Gitter findet man dargestellt in dem Architektonischen Skizzenbuche Heft 1, 3, 12, 17, 18, 19, 25, 27, 28, 35, 40 und 55.

nietet; anstatt der Flacheisen wendet man für die Längeneisen auch 20 bis 25 Millim. hohe, schwach ausgewalzte ⊏-Eisen an. Die aus Rundeisen von ca. 16 Millim. Durchmesser bestehenden Gitterstäbe werden in Abständen von 12 bis 15 Centim. zwischen den doppelten Längeneisen zwischengenietet. Am oberen Ende können die Gitterstäbe mannigfaltig verziert sein; meistens wendet man einfache Spitzen oder Lanzenspitzen an, die in besonderen Fabriken aus Eisen gepresst werden und im Handel vorkommen. Die stärkeren Pfosten aus Gasrohr können Endigungen aus Gusseisen erhalten, welche mit Zapfen in die Rohre eingreifen.

Das Einfriedigungsgitter Fig. 988 besteht aus 10 Millim. starkem Rundeisen. Die Stäbe haben 8 Centim. Abstand von einander und sind durch gebohrte Löcher der beiden Längeneisen hindurch gesteckt; diese letzteren bestehen aus 20 × 5 Millim. starkem Flacheisen und ist das untere derselben auf dem Steinsockel befestigt. In ähnlicher Weise ist auch das Gitter Fig. 10, **Blatt 18**, construirt.

Fig. 988.

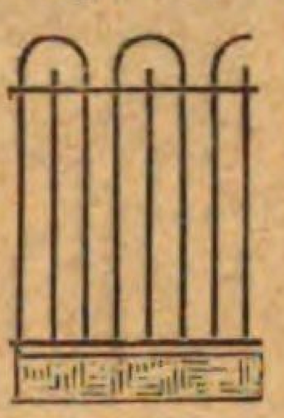
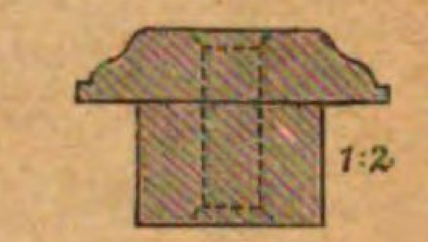
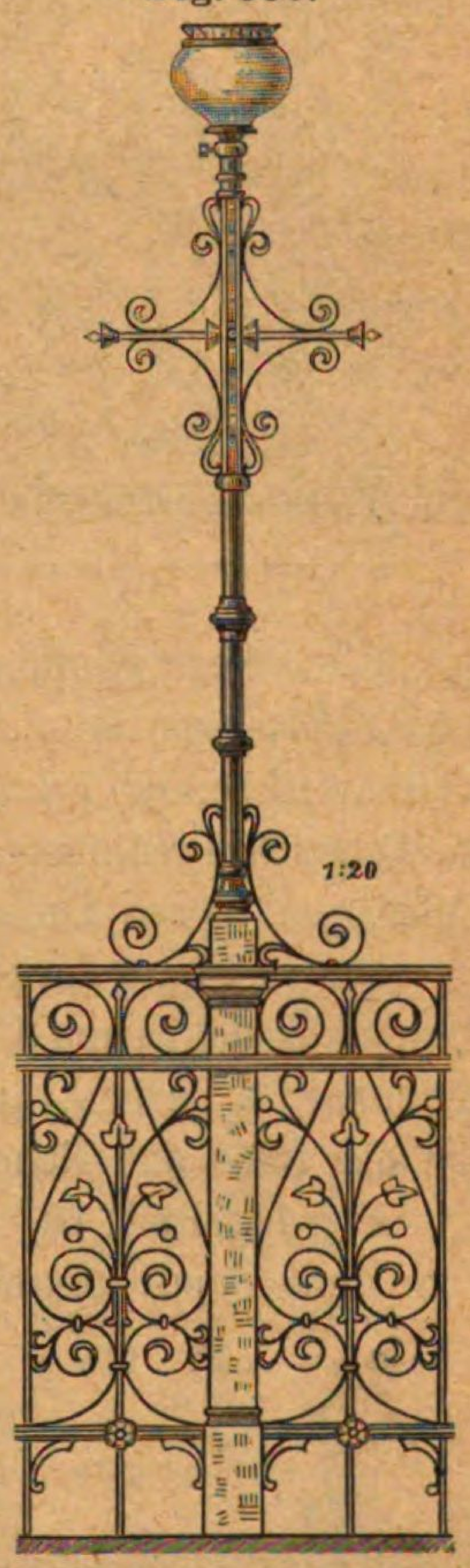


Fig. 989.



Bei dem in Fig. 6, **Blatt 15**, gezeichneten Geländer ist die Handleiste zwischen gemauerten Pfosten eingespannt. Den Querschnitt dieser Handleiste giebt Fig. 989 in $^1/_2$ der wirkl. Grösse; dieselbe ist aus einem rechteckigen Eisen und aus einer profilirten Deckplatte zusammengenietet; letztere wird von **Gabriel und Bergenthal** in Soest gewalzt. Die vom Sockel bis zur Handleiste durchlaufenden verticalen Stäbe dieses Geländers bestehen aus 12 × 20 Millim., die übrigen geraden Stäbe aus 6 × 20 Millim. und die Ranken aus 3 × 20 Millim. starkem Flacheisen. Das Geländer wurde von eigenen Arbeitern auf dem Bauplatze ausgeführt und kostete pro lauf. Meter ca. 7 Mark.

Fig. 990.



Andere Geländer aus Schmiedeeisen zeigen Fig. 5, **Blatt 14**, sowie Fig. 16 und 17, **Blatt 20**.

Das schöne schmiedeeiserne Brüstungsgeländer mit Candelaber, Fig. 990, ist von den Architekten Herren **von der Hude und Hennicke** im Flur einer Villa zu Berlin ausgeführt. Die Candelabersäule, aus gezogenem Gasrohr bestehend, ist abgedreht und mit Bundringen verziert.

§. 136. Eingangs- und Einfahrtthore.

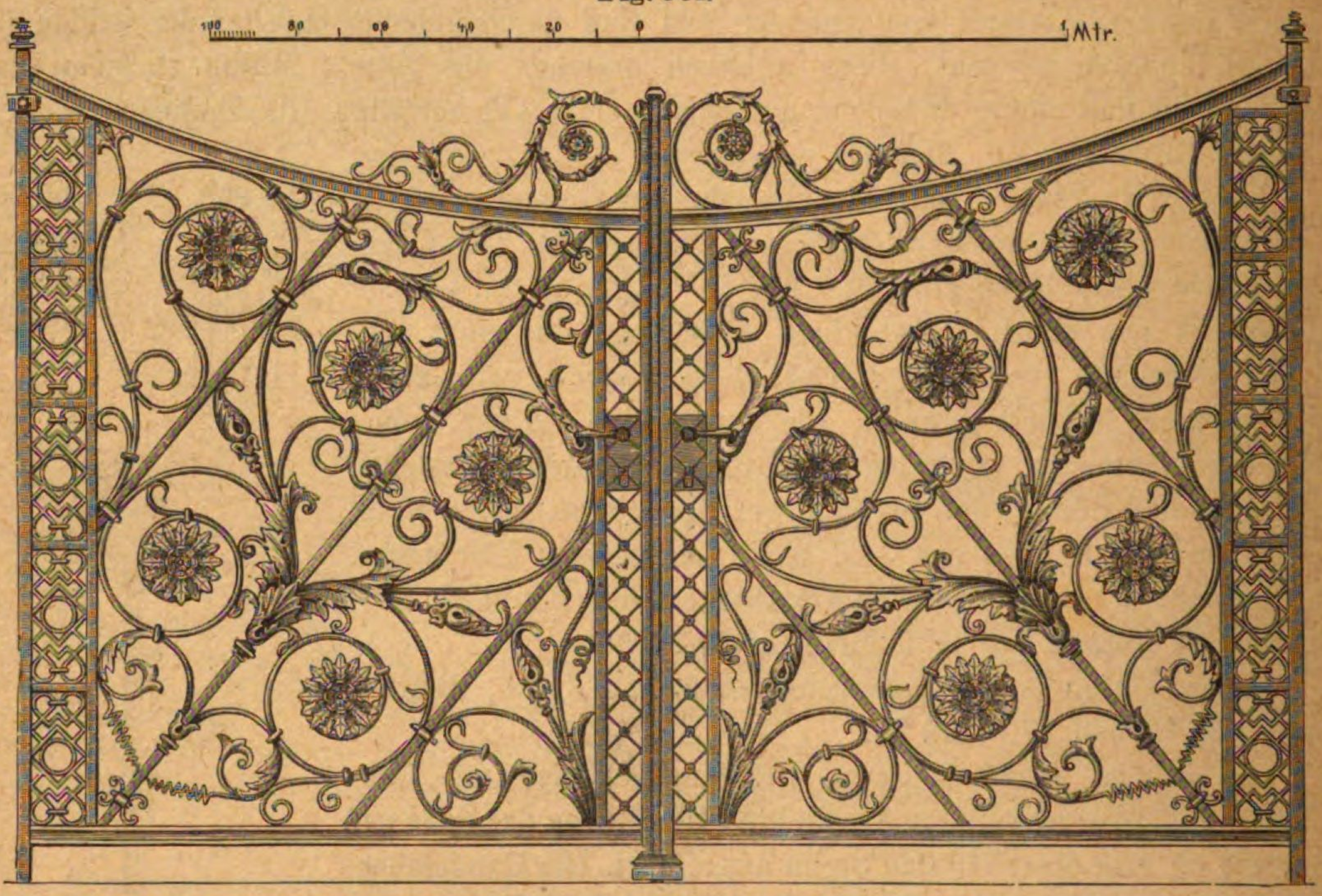
Ein zweiflügeliges schmiedeeisernes Abschlussthor, vom Herrn Prof. **M. Gropius** *) für den Vorraum vor einer Hausthür in Berlin entworfen, zeigt Fig. 1, **Blatt 18**. Die Thorflügel drehen sich unten in Pfannen, oben in Halseisen, die in der Mauer befestigt sind. Fig. 2 giebt den Grundriss des Thürvorraumes. Die Drehsäulen der Flügel bestehen aus 33 Millim. starkem Quadrateisen; das obere Quereisen, durch welches die runden, 13 Millim. starken Gitterstäbe hindurch gesteckt sind, aus 26 Millim. starkem Quadrateisen. Das untere ⊏-förmige Quereisen hat 5 Centim. Höhe, die mittlere Schlagleiste 6 Centim. Breite. Die viertelkreisförmigen Stäbe zur Füllung des Thorgitters sind aus Rundeisen von 10 Millim. Durchmesser gebogen, die unteren und oberen Ranken aus Rundeisen von 8 Millim. Durchmesser. Die Rosetten haben 5 Centim. Durchmesser.

Das in Fig. 991 dargestellte zweiflügelige Eingangsthor ist in 2 Exemplaren für die Thürvorräume im Gebäude des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins und des niederösterreichischen Gewerbevereins zu Wien ausgeführt. Es ist von dem Architekten

*) Entlehnt aus der Gewerbehalle Jahrg. 1863. Lieferung 8. S. 127.

Herrn **Otto Thienemann** entworfen und in der Bauschlosserei des Herrn **A. Milde** in Wien angefertigt. Die Drehzapfen des Thores bestehen aus rechteckigem Eisen von 31 × 33 Millim. Stärke, die anderen 4 verticalen Stäbe aus 26 Millim. starkem Quadrateisen. Die geneigten Stäbe sind 20 × 26 Millim. stark und die Ranken sind aus Rundeisen von 13 Millim. Durchmesser gebogen. Die mittlere Thorsäule mit der Schlagleiste ist 7 Centim. breit und ohne die Schlagleisten 26 Millim. stark. Das obere gebogene ⊏-Eisen ist 40 Millim. hoch und hat 7 Millim. starke Flantschen, beide ⊏-Eisen zusammen sind 46 Millim. breit. Die Blätter, Blüthen und Rosetten sind aus Eisenblech getrieben.

Fig. 991.

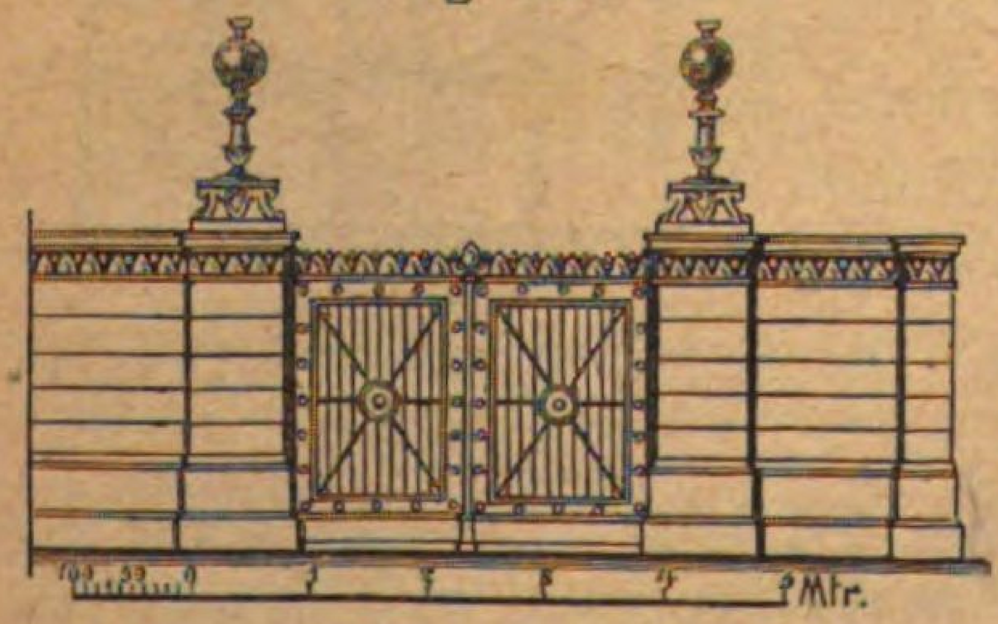


Einfachere Einfahrtsthore zeigen die Figuren 3 bis 6, **Blatt 18,** dieselben werden von dem Schlossermeister Herrn **E. Puls** in Berlin zu den angegebenen Preisen geliefert. Das Einfahrtsthor Fig. 7 ist für das Stadttheater zu Leipzig ausgeführt; in der Zeichnung sind die Querschnittsdimensionen der einzelnen Stabeisen eingeschrieben, die unteren und oberen Füllungen, deren Detail Fig. 8 giebt, bestehen aus Gusseisen.

Der in Fig. 9 dargestellte Thorpfeiler mit Candelaber ist von dem Architekten Herrn **Haller** für den zoologischen Garten zu Hamburg entworfen; er besteht im mittleren Theile aus Ziegeln in 2 Farben. Das Einfahrtsthor Fig. 10, **Blatt 18,** wurde von den Architekten Herren **von der Hude und Hennicke** für die Villa Seeger*) zu Berlin entworfen.

Fig. 11, **Blatt 18,** giebt ein Eingangsthor vom Stadtgarten zu Cöln; dasselbe ist von dem Herrn Stadtbaumeister **J. Raschdorf** entworfen. Von demselben Architekten ist auch das in Fig. 992 dargestellte Thor erfunden; die mittleren Felder dieser Thorflügel bestehen aus Gitterwerk, während die herumlaufenden Friese aus Blech gebildet und mit Rosetten verziert sind.

Fig. 992.



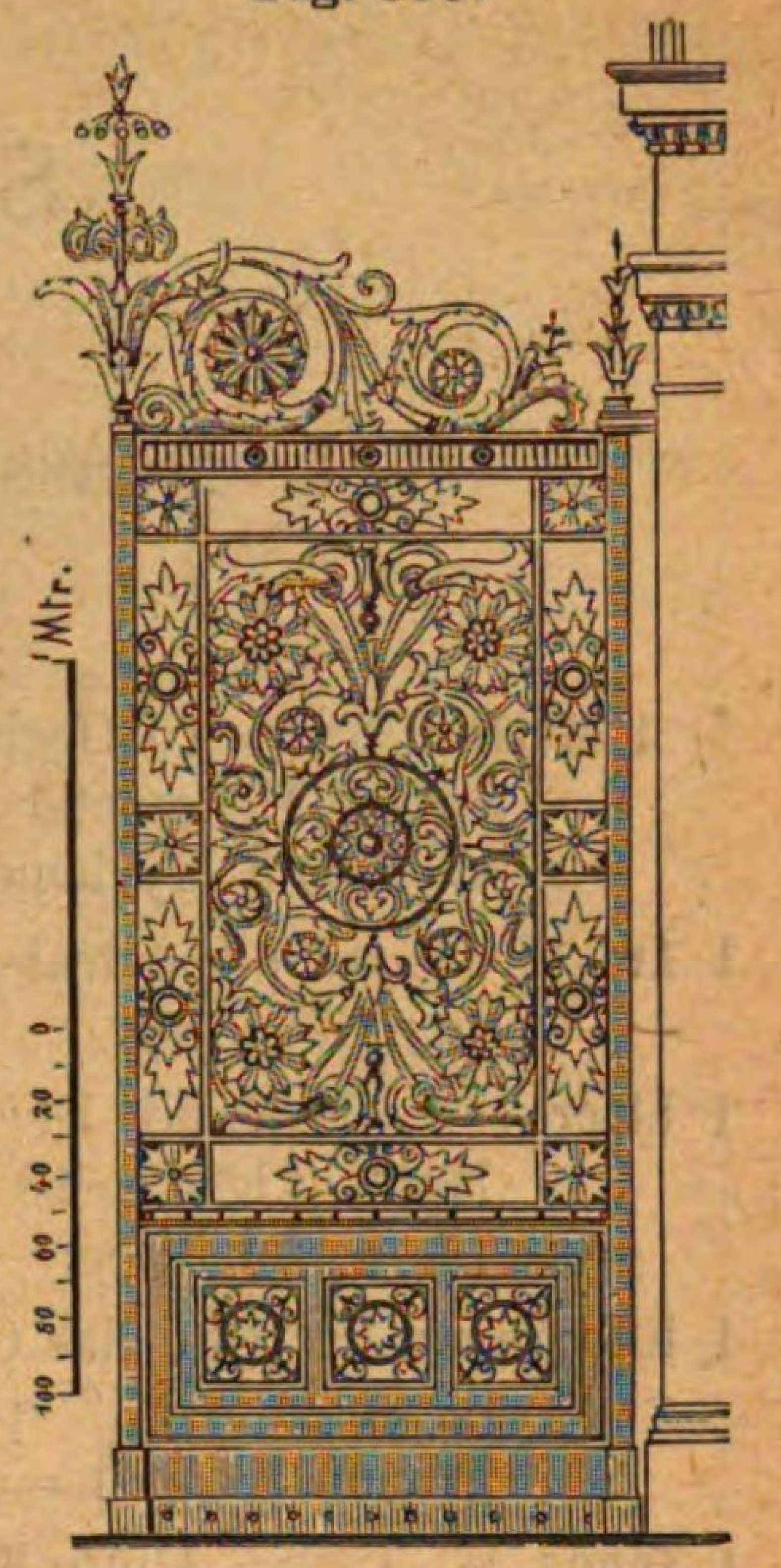
Ein Garten-Einfahrtsthor mit 2 seitlichen Eingangspforten zeigt Fig. 15, **Blatt 18;** dieses Thor ist von dem Herrn Oberbaurath **Leins** entworfen. Zum Schutze der Thorpfeiler sind an der Einfahrt Radabweiser aus Guss-

*) Die Villa ist publicirt in Erbkam's Zeitschrift für Bauwesen. 1871. Blatt 32.

eisen angeordnet, deren Detail Fig. 14 giebt. Die in Fig. 12 bis 14 skizzirten Radabweiser liefert das Eisenwerk **Wasseralfingen** in Württemberg.

Das schmiedeeiserne Einfahrtsthor Fig. 993 ist von dem Herrn Geh. Regierungsrath **F. Hitzig** für das Palais v. Kronenberg in Warschau (siehe S. 340) entworfen. Neben dem zweiflügeligen Einfahrtsthore sind noch einflügelige Eingangspforten vorhanden, welche in derselben Weise wie die Hauptthore gebildet sind.

Fig. 993.



Die Motive der Ornamente zu schmiedeeisernen Geländern und Thoren müssen sich natürlich nach dem Baustyl des Gebäudes richten, wozu dieselben verwendet werden sollen. Der Künstler hat in Bezug auf Formengebung gerade beim Schmiedeeisen die grösste Freiheit, da dieses Material alle möglichen Formen, ohne besondere Schwierigkeiten bei der Ausführung, zulässt. Immer wird man aber bei den architektonischen Gebilden aus Schmiedeeisen die grosse Festigkeit des Materials und das innere Leben oder den Zweck des Architekturtheils in lebendiger Weise klar zur Anschauung bringen müssen, wenn der Gegenstand eine ästhetisch-befriedigende Wirkung auf das Gemüth des Beschauers hervorrufen soll. Betrachtet man z. B. das Thor Fig. 991, so findet man hier die Function der mittleren diagonalen Stangen, die Last der Thorflügel auf die Stützzapfen zu übertragen, durch den Charakter der energisch emporstrebenden Ranken deutlich ausgesprochen. Diese zierlich geschwungenen, organisch sich entwickelnden Ranken füllen einerseits die Flächen zwischen den schrägen Stäben und unterstützen andererseits diese Stäbe in ihrer Wirkung den Thorflügel empor zu halten, dadurch, dass sie die Stäbe gegen Einbiegung sichern. Das Schmiedeeisen ist seiner Natur nach ganz besonders geeignet, durch graziöse Linien ästhetische Wirkungen hervorzubringen.

Fünfzehnter Abschnitt.

Sammlung von Tabellen.

I. Maass- und Gewichts-Systeme und Tabellen.

a) Das metrische System.

*) **1 Meter** (^{m}) = 10 Decimeter (^{dm}) = 100 Centimeter (^{zm}) [^{cm}] = 1000 Millimeter (^{mm}) = 0,1 Dekameter (^{Dm}) [^{dkm}] = 0,01 Hektometer (^{Hm}) [^{hm}] = 0,001 Kilometer (^{Km}) [^{km}] = 0,0001 Myriameter (^{Mm}).

1 Ar (^{A}) [^{a}] = 1 Quadrat-Dekameter ($\square^{Dm}$) [$\square^{dkm}$] = 100 Quadratmeter ($\square^{m}$) = 0,01 Hektar (^{HA}) [^{ha}].

1 Liter (^{l}) = 1 Kubik-Decimeter (kb^{dm}) = 1000 Kubik-Centimeter (kb^{zm}) [kb^{cm}] = 0,001 Kubik-Meter (kb^{m}) = 10 Deciliter (^{dl}) = 100 Centiliter (^{zl}) [^{cl}] = 0,01 Hektoliter (^{Hl}). (1 Scheffel (^{S}) = 50 Liter. 1 Schoppen (^{s}) = 0,5 Liter).

1 Kilogramm (^{k}) [^{kg}], das Gewicht von 1^{l} Wasser bei einer Temperatur von + 4^{0} C., = 100 Dekagramm (^{Dg}) [^{dkg}] = 1000 Gramm (^{g}). 1 Gramm = 10 Decigramm (^{dg}) = 100 Centigramm (^{zg}) [^{cg}] = 1000 Milligramm (^{mg}).

1 Tonne (^{T}) [^{t}] = 1000 Kilogramm. (1 Quintal = 100 Kilogramm, 1 Zentner (^{Z}) = 50 Kilogramm, 1 Pfund = 0,5 Kilogramm.)

Das metrische System, bei dem die Länge eines Meters ursprünglich zu 0,0000001 eines Meridian-Quadranten angenommen und gesetzlich auf 443,296 alte Pariser Linien festgesetzt ist, gilt im Deutschen Reiche, in Belgien, Frankreich, Griechenland, Holland, Italien, Luxemburg, Oesterreich, Portugal, Rumänien und Spanien, sowie in den meisten südamerikanischen Republiken.

Einzig der französischen Maass- und Gewichtsordnung gehören das Hekto- und Myriameter, sowie das Quintal als selbstständige Maasse an. Die deutsche Gesetzgebung hat in das metrische System auch den Scheffel, den Schoppen, den Zentner und das Pfund eingefügt und für die ursprünglichen Benennungen eine Anzahl deutscher Namen erfunden, die sich jedoch im Volke und in der Technik nicht eingebürgert haben. (Meter = Stab, Centimeter = Neuzoll, Millimeter = Strich, Dekameter = Kette, Liter = Kanne, Dekagramm = Neuloth.)

Von dem Verbande deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine sind folgende Grundsätze für die abgekürzte Bezeichnung der metrischen Maasse und Gewichte festgesezt:

1. Die Bezeichnung der metrischen Maasse und Gewichte wird stets hinter die letzte Ziffer der betreffenden Zahl gesetzt, mag dieselbe aus ganzen Ziffern allein bestehen oder ganze und Bruchziffern enthalten. Sämmtliche Schriftzeichen, mit Ausnahme der Bezeichnungen für die Worte Quadrat und Kubik, werden in Exponentenform geschrieben; für letztere dienen die Zeichen □ resp. kb, welche in der Grösse der Ziffern und auf der Linie derselben zwischen die Ziffer und den Exponenten der einer solchen Flächen- oder Körperbezeichnung zu Grunde liegenden Längeneinheit eingeschoben werden.
2. Die am häufigsten gebrauchten kleineren Grundeinheiten werden durch kleine lateinische Buchstaben bezeichnet, und zwar Meter durch ^{m}, Liter durch ^{l}, Gramm durch ^{g}, Kilogramm (Kilo) durch ^{k}. Die mit selbstständigen Namen benannten grösseren Maasse und Gewichte werden durch grosse lateinische Buchstaben bezeichnet, und zwar Ar durch ^{A}, Scheffel durch ^{S}, Zentner durch ^{Z}, Tonne durch ^{T}.
3. Alle übrigen als Vielfache oder Theile der Grundeinheiten benannten Maass- und Gewichtsgrössen werden bezeichnet, indem vor dem Zeichen der Grundeinheit ein entsprechender grosser resp. kleiner Buchstabe hinzugefügt wird. Für die Vielfachen dienen die Zeichen ^{M}, ^{K}, ^{H}, ^{D} (Myria, Kilo, Hekto, Deka), für die Theilgrössen die Zeichen ^{d}, ^{z}, ^{m}, (dezi, zenti, milli).
4. Die Bezeichnungen der mechanischen Arbeitsgrössen erfolgt durch einfache Kombination der Maass- und Gewichtsgrössen, wobei die ersteren voranzustellen sind.

*) Die abgekürzten Bezeichnungen () sind von dem Verbande deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine angenommen, die hiervon abweichenden Bezeichnungen [] sind von dem österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein acceptirt.

b) Englische Maasse und Gewichte.

1 Fuss = 12 Zoll = 0,3047945^{m}. 1 Yard = 3 Fuss. 1 Ruthe (rod, pole, perche) = 5,5 Yards. 1 Kette (Chain) = 22 Yards = 100 Links.

1 Meile = 8 Furlongs = 320 Ruthen = 1760 Yards = 5280 Fuss. 1 League = 3 Meilen.

1 Acker (Acre) = 160 Quadratruthen.

1 Gallon = 4 Quarts = 4,543458 Liter. 1 Quarter = 8 Bushels = 64 Gallons.

1 Pfund (Pound) avoir du poids = 16 Unzen (Ounces) = 768 Skrupel (Scruples) à 10 Grains = 453,5927 Gramm. (1 Pfund Troy-Gewicht = 373,246 Gramm.)

1 Centner (Hundredweight, Centweight) = 112 Pfund (avoir du poids) = 50,80238 Kilogramm. 1 Tonne = 20 Centner = 1016,0476 Kilogramm. 1 Schiffstonne (Ton of shipping) = 2000 Pfund, oder auch gleich dem Raum von 42 Kubikfuss engl.

Maasse verschiedener Länder.

1. Fussmaass in Metermaass.	Fuss in Meter.	Zoll in Centim.	□Fuss in □^{m}.	□Zoll in □^{zm}.	Kb.-Fuss in kb^{m}.	Kb.-Zoll in kb^{zm}.
Baden . . . 1 Fuss = 10 Zoll	0,3000	3,000	0,09000	9,0000	0,02700	27,000
Bayern . . . 1 ,, = 12 ,,	0,2919	2,432	0,08518	5,9154	0,02486	14,387
Braunschweig . 1 ,, = 12 ,,	0,2854	2,378	0,08143	5,6550	0,02324	13,448
Bremen . . . 1 ,, = 12 ,,	0,2894	2,411	0,08372	5,8141	0,02423	14,019
Frankfurt . . 1 ,, = 12 ,,	0,2846	2,372	0,08100	5,6252	0,02305	13,342
Hamburg . . 1 ,, = 12 ,,	0,2866	2,388	0,08212	5,7030	0,02353	13,619
Hannover . . 1 ,, = 12 ,,	0,2921	2,434	0,08532	5,9250	0,02492	14,422
Hessen-Darmst. 1 ,, = 12 ,,	0,2500	2,500	0,06250	6,2500	0,01563	15,625
Kurhessen (N.F.) 1 ,, = 12 ,,	0,2877	2,397	0,08277	5,7480	0,02381	13,781
Lübeck . . . 1 ,, = 12 ,,	0,2876	2,397	0,08272	5,7447	0,02379	13,769
Oldenburg . . 1 ,, = 12 ,,	0,2959	2,466	0,08754	6,0795	0,02590	14,990
Preussen . . 1 ,, = 12 ,,	0,3139	2,615	0,09850	6,8406	0,03092	17,891
Sachsen . . . 1 ,, = 12 ,,	0,2832	2,360	0,08020	5,5692	0,02271	13,143
Sachsen-Weimar 1 ,, = 12 ,,	0,2820	2,350	0,07951	5,5217	0,02242	12,975
Württemberg . 1 ,, = 10 ,,	0,2865	2,865	0,08208	8,2077	0,02351	23,514
Oesterreich . . 1 ,, = 12 ,,	0,3161	2,634	0,09991	6,9380	0,03158	18,275
England . . . 1 ,, = 12 ,,	0,3048	2,540	0,09290	6,4514	0,02832	16,386
Schweden . . 1 ,, = 12 ,,	0,2969	2,474	0,08815	6,1215	0,02617	15,146
Paris (alt) . . 1 ,, = 12 ,,	0,3248	2,707	0,10552	7,3278	0,03428	19,836

2. Metermaass in Fussmaass.	Meter in Fuss.	Centim. in Zoll.	□^{m} in □Fuss.	□^{zm} in □Zoll.	kb^{m} in Kb.-Fuss.	kb^{zm} in Kb.-Zoll.
Baden (Schweiz)	3,3333	0,333	11,11111	0,1111	37,03704	0,0370
Bayern	3,4263	0,411	11,73960	0,1691	40,22351	0,0695
Braunschweig	3,5043	0,421	12,28023	0,1768	43,03382	0,0744
Bremen	3,4560	0,415	11,94409	0,1720	41,27904	0,0713
Frankfurt	3,5136	0,422	12,34521	0,1778	43,37581	0,0750
Hamburg	3,4895	0,419	12,17682	0,1753	42,49140	0,0734
Hannover	3,4236	0,411	11,72086	0,1688	40,12630	0,0693
Hessen-Darmstadt	4,0000	0,400	16,00000	0,1600	64,00000	0,0640
Kurhessen (N. F.)	3,4759	0,417	12,08156	0,1740	41,99376	0,0726
Lübeck	3,4768	0,417	12,08836	0,1741	42,02918	0,0726
Oldenburg	3,3798	0,406	11,42278	0,1645	38,60626	0,0667
Preussen	3,1862	0,382	10,15187	0,1462	32,34590	0,0559
Sachsen	3,5312	0,424	12,46936	0,1796	44,03178	0,0761
Sachsen-Weimar	3,5464	0,426	12,57673	0,1811	44,60170	0,0771
Württemberg	3,4905	0,349	12,18373	0,1218	42,52754	0,0425
Oesterreich	3,1637	0,380	10,00931	0,1441	31,66695	0,0547
England (Russland, Nordamerika) .	3,2809	0,394	10,76430	0,1550	35,31658	0,0610
Schweden	3,3681	0,404	11,34427	0,1634	38,20894	0,0660
Paris (alt)	3,0784	0,369	9,47682	0,1365	29,17386	0,0504

Tabelle der Belastungen resp. der Gewichte bei verschiedenen Maassen.

Länder.	1 Pfund pro				1 Kilogramm pro			
	Fuss.	□Fuss.	□Zoll.	Kbfuss.	Meter.	□^{m}.	□^{zm}.	kb^{m}.
	= Kilogramm pro				= Pfund pro			
	Meter.	□^{m}.	□^{zm}.	kb^{m}.	Fuss.	□Fuss.	□Zoll.	Kbfuss.
Baden	1,667	5,556	0,0556	18,568	0,6000	0,1800	18,00	0,0538
Bayern	1,713	5,870	0,0587	20,112	0,5837	0,1704	17,04	0,0497
Braunschweig . .	1,752	6,140	0,0884	21,517	0,5707	0,1629	11,31	0,0465
Hamburg	1;745	6,088	0,0876	21,246	0,5731	0,1642	11,41	0,0470
Hannover	1,712	5,860	0,0844	20,063	0,5842	0,1706	11,85	0,0498
Hessen-Darmstadt.	2,000	8,000	0,0800	32,000	0,5000	0,1250	12,50	0,0312
Kurhessen. . . .	1,738	6,041	0,0870	20,997	0,5754	0,1655	11,50	0,0476
Preussen	1,593	5,076	0,0731	16,173	0,6277	0,1970	13,68	0,0618
Sachsen.	1,766	6,235	0,0898	22,016	0,5664	0,1604	11,14	0,0454
Württemberg. . .	1,745	6,092	0,0609	21,264	0,5730	0,1642	16,42	0,0470
Oesterreich . . .	1,772	5,606	0,0807	17,735	0,5644	0,1781	12,39	0,0564
England	1,488	4,883	0,0703	16,019	0,6720	0,2048	14,22	0,0624
Schweden	1,432	4,822	0,0694	16,242	0,6985	0,2073	14,40	0,0616

Wiegt z. B. ein Körper von gleichmässigem Querschnitte nach dem früheren hannoverschen Maass pro Fuss Länge 12 Pfund, so wiegt derselbe Körper nach der vorstehenden Tabelle pro Meter Länge 12 . 1,712 — 20,544 Kilogramm. Ist nach österr. Maass 1 □Fuss mit 300 Pfund belastet, so beträgt die Belastung pro □^{m} nach der Tabelle 300 . 5,606 = 1681,8 Kilogramm. Wird Schmiedeeisen pro □Zoll preuss. mit 12000 Pfund belastet, so beträgt die Belastung pro □^{zm} nach der Tabelle 12000 . 0,0731 = 877,2 Kilogramm. Ein Körper, der nach dem früheren bayerischen Maass pro Kubikfuss 150 Pfund wiegt, hat nach der Tabelle pro Kubikmeter 150 . 20,112 = 3016,8 Kilogramm Gewicht etc.

II. Gewichts-Tabellen der Metalle.

1. Bleche und Platten.

Stärke in Millim.	Gewicht pro □Meter in Kilogramm.				Stärke in Millim.	Gewicht pro □Meter in Kilogramm.			
	Schmiedeeisen.	Gusseisen.	Kupfer.	Zink.		Schmiedeeisen.	Gusseisen.	Kupfer.	Zink.
1	7,8	7,2	8,7	6,8	11	85,5	79,6	95,7	75,4
2	15,5	14,4	17,4	13,7	12	93,3	86,8	104,4	82,2
3	23,3	21,7	26,1	20,5	13	101,1	94,1	113,1	89,1
4	31,1	28,9	34,8	27,4	14	108,8	101,3	121,8	95,9
5	38,8	36,2	43,5	34,3	15	116,6	108,6	130,5	102,8
6	46,6	43,4	52,2	41,1	16	124,4	115,8	139,2	109,6
7	54,4	50,6	60,9	47,9	17	132,2	123,0	147,9	116,4
8	62,2	57,9	69,6	54,8	18	140,0	130,4	156,6	123,4
9	70,0	65,1	78,3	61,6	19	147,8	137,6	165,3	130,2
10	77,8	72,4	87,0	68,5	20	155,5	144,9	174,0	137,1

Das Gewicht eines Quadratmeters Platte ist = dem Gewichte eines Kubikdecimeters ihres Materials, oder ihrem specifischem Gewichte, multiplicirt mit der Plattendicke in Millimeter.

2. Band- und Flacheisen.

s = Stärke, b = Breite in Millimeter.

s =	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20
b =	Gewicht in Kilogramm pro Meter Länge.																	
25	0,20	0,39	0,59	0,78	0,98	1,17	1,37	1,56	1,76	1,95	2,15	2,34	2,54	2,73	2,93	3,12	3,51	3,90
30	0,23	0,47	0,70	0,94	1,17	1,40	1,64	1,87	2,11	2,34	2,57	2,81	3,04	3,28	3,51	3,74	4,21	4,68
35	0,27	0,55	0,82	1,09	1,37	1,64	1,91	2,18	2,46	2,73	3,00	3,28	3,55	3,82	4,10	4,37	4,92	5,46
40	0,31	0,63	0,94	1,25	1,56	1,87	2,18	2,50	2,81	3,12	3,43	3,74	4,05	4,37	4,68	4,99	5,62	6,24
45	0,35	0,70	1,05	1,40	1,76	2,11	2,46	2,81	3,16	3,51	3,86	4,21	4,56	4,91	5,26	5,62	6,32	7,02
50	0,39	0,78	1,17	1,56	1,95	2,34	2,73	3,12	3,51	3,90	4,29	4,68	5,07	5,46	5,85	6,24	7,02	7,80
55	0,43	0,86	1,29	1,72	2,15	2,57	3,00	3,43	3,86	4,29	4,72	5,15	5,58	6,01	6,44	6,86	7,72	8,58
60	0,47	0,94	1,41	1,87	2,34	2,81	3,28	3,74	4,21	4,68	5,15	5,62	6,09	6,55	7,02	7,49	8,42	9,36
65	0,51	1,01	1,52	2,03	2,54	3,04	3,55	4,06	4,56	5,07	5,58	6,08	6,59	7,10	7,61	8,11	9,13	10,14
70	0,54	1,09	1,63	2,18	2,73	3,28	3,82	4,37	4,91	5,46	6,01	6,55	7,10	7,64	8,18	8,74	9,83	10,92
75	0,59	1,17	1,76	2,34	2,93	3,51	4,10	4,68	5,27	5,85	6,44	7,02	7,61	8,19	8,78	9,36	10,53	11,70
80	0,63	1,25	1,88	2,50	3,12	3,74	4,37	4,99	5,62	6,24	6,86	7,49	8,12	8,74	9,37	9,98	11,23	12,48
85	0,66	1,33	2,00	2,65	3,32	3,98	4,64	5,30	5,97	6,63	7,29	7,96	8,62	9,28	9,94	10,61	11,93	13,26
90	0,70	1,41	2,11	2,81	3,51	4,21	4,91	5,62	6,32	7,02	7,72	8,42	9,12	9,83	10,53	11,23	13,64	14,04
95	0,74	1,48	2,22	2,96	3,71	4,45	5,19	5,93	6,67	7,41	8,15	8,89	9,63	10,37	11,11	11,86	13,34	14,82
100	0,78	1,56	2,34	3,12	3,90	4,68	5,46	6,24	7,02	7,80	8,58	9,36	10,14	10,92	11,70	12,48	14,04	15,60
105	0,82	1,64	2,46	3,28	4,10	4,91	5,73	6,55	7,37	8,19	9,01	9,83	10,65	11,47	12,29	13,10	14,74	16,38
110	0,86	1,72	2,58	3,43	4,29	5,15	6,01	6,86	7,72	8,58	9,44	10,30	11,16	10,01	12,87	13,73	15,44	17,16
115	0,90	1,79	2,69	3,59	4,49	5,38	6,28	7,18	8,07	8,97	9,87	10,76	11,66	12,56	13,46	14,35	16,15	17,94
120	0,93	1,87	2,81	3,74	4,68	5,62	6,55	7,49	8,42	9,36	10,30	11,23	12,17	13,10	14,03	14,98	16,85	18,72
125	0,98	1,95	2,93	3,90	4,88	5,85	6,83	7,80	8,78	9,75	10,73	11,70	12,68	13,65	14,63	15,60	17,55	19,50
150	1,17	2,34	3,51	4,68	5,85	7,02	8,19	9,36	10,53	11,70	12,87	14,04	15,21	16,38	17,55	18,72	21,06	23,40
200	1,56	3,12	4,68	6,24	7,80	9,36	10,92	12,48	14,04	15,60	17,16	18,72	20,28	21,84	23,40	24,96	28,08	31,20
300	2,34	4,68	7,02	9,36	11,70	14,04	16,38	18,72	21,06	23,40	25,74	28,08	30,42	32,76	35,10	37,44	42,12	46,80
400	3,12	6,24	9,36	12,48	15,60	18,72	21,84	24,96	28,08	31,20	34,32	37,44	40,56	43,68	46,80	49,92	56,16	62,40
500	3,90	7,80	11,70	15,60	19,50	23,40	27,30	31,20	35,10	39,00	42,90	46,80	50,70	54,60	58,50	62,40	70,20	78,00

3. Rundeisen und Quadrateisen.

d = Durchmesser des Rundeisens resp. Stärke des Quadrateisens, G ● = Gewicht des Rundeisens, G □ = Gewicht des Quadrateisens pro Meter Länge in Kilogramm.

d	G ●	G □	d	G ●	G □	d	G ●	G □	d	G ●	G □	d	G ●	G □	d	G ●	G □
5	0,15	0,20	21	2,70	3,44	37	8,39	10,68	53	17,21	21,91	69	29,17	37,14	85	44,16	56,36
6	0,22	0,28	22	2,97	3,78	38	8,85	11,26	54	17,86	22,75	70	30,02	38,22	86	45,24	57,60
7	0,30	0,38	23	3,24	4,13	39	9,32	11,86	55	18,53	23,60	71	30,88	39,32	87	46,32	58,98
8	0,39	0,50	24	3,53	4,49	40	9,80	12,48	56	19,21	24,46	72	31,76	40,44	88	47,40	60,35
9	0,50	0,63	25	3,83	4,88	41	10,30	13,11	57	19,90	25,34	73	32,65	41,57	89	48,51	61,77
10	0,61	0,78	26	4,14	5,27	42	10,81	13,76	58	20,61	26,24	74	33,55	42,71	90	49,62	63,18
11	0,74	0,94	27	4,47	5,69	43	11,33	14,42	59	21,33	27,15	75	34,46	43,88	92	51,84	66,01
12	0,88	1,12	28	4,80	6,12	44	11,86	15,10	60	22,05	28,10	76	35,38	45,05	95	55,29	70,40
13	1,04	1,32	29	5,15	6,56	45	12,41	15,80	61	22,80	29,02	77	36,32	46,25	97	57,51	73,23
14	1,20	1,53	30	5,51	7,02	46	12,96	16,51	62	23,55	29,98	78	37,27	47,46	100	61,16	78,00
15	1,38	1,76	31	5,89	7,50	47	13,53	17,23	63	24,31	30,99	79	38,23	48,68	102	63,60	80,98
16	1,57	2,00	32	6,27	7,99	48	14,12	17,97	64	25,09	31,95	80	39,20	49,92	105	67,40	85,82
17	1,77	2,25	33	6,67	8,49	49	14,71	18,73	65	25,88	32,96	81	40,16	51,14	107	69,94	89,05
18	1,99	2,53	34	7,08	9,02	50	15,32	19,50	66	26,69	33,98	82	41,11	52,35	110	73,95	94,16
19	2,21	2,82	35	7,50	9,56	51	15,93	20,29	67	27,50	35,01	83	42,02	53,50	115	80,77	102,80
20	2,45	3,12	36	7,94	10,11	52	16,57	21,09	68	28,33	36,07	84	43,09	54,87	120	88,14	112,20

Gusseiserne Stäbe von kreisförmigem oder quadratischem Querschnitt sind ca. 0,93 mal so schwer als gleich grosse Stäbe aus Walzeisen; die Zahlenwerthe der vorstehenden Tabelle sind also für Gusseisen mit 0,93 zu multipliciren.

4. Gewichtstabelle über 100 Stück unbearbeitete Muttern, Unterlagsscheiben, quadratischen Schraubenköpfen und Nietköpfen.

d = Bolzendurchmesser in Millimeter.

d mm	100 Stück Muttern. Kilogr.	100 Stück Scheiben. Kilogr.	100 Stück Schrauben-köpfe. Kilogr.	100 Stück Nietköpfe. Kilogr.	*d* mm	100 Stück Muttern. Kilogr.	100 Stück Scheiben. Kilogr.	100 Stück Schrauben-köpfe. Kilogr.	100 Stück Nietköpfe. Kilogr.	*d* mm	100 Stück Muttern. Kilogr.	100 Stück Scheiben. Kilogr.	100 Stück Schrauben-köpfe. Kilogr.
6	1,00	0,50	0,60	—	24	22,10	5,70	20,10	9,20	50	143,6	30,9	154,4
8	1,60	0,80	1,10	—	27	27,50	8,30	26,20	13,50	55	189,8	44,2	203,5
10	2,50	1,20	2,00	0,7	30	38,10	10,10	36,50	19,50	60	231,0	58,1	260,9
12	3,90	1,50	3,10	1,1	34	50,30	12,10	52,60	27,30	65	290,2	66,8	335,7
15	6,80	2,80	5,60	2,2	38	70,90	18,10	71,00	38,50	70	354,1	86,0	407,3
18	9,80	3,80	8,90	3,9	42	88,80	21,60	94,50	—	75	438,4	103,0	498,2
21	14,70	4,60	13,40	6,6	46	114,10	28,70	120,20	—	80	—	—	—

III. Specifische Gewichte einiger Materialien.

Asphalt	1,1—1,2	Kieselsteine	2,3—2,7
Basalt	2,7—3,2	Kreide	1,8—2,66
Bimstein	0,9—1,6	Kupfer	8,6—9,0
Blei	11,4	Lehm	1,5—2,8
Braunkohle	1,2—1,3	Mörtel (Kalkm.)	1,6—1,8
Bronze	8,3—8,6	Marmor	2,52—2,85
Cement (Portland)	1,25—1,45	Mauerwerk:	
Coaks	1,4	aus Bruchstein	2,4—2,46
Eisen (Schmiedeeisen)	7,6—7,79	» Sandstein	2,05—2,12
» (Gusseisen)	7,0—7,5	» Ziegeln (frisch)	2,4—2,46
Erde	1,35—2,4	» » (trocken)	1,47—1,7
Eis	0,92	Messing	8,4—8,7
Feldspath	2,6	Platin	20,9—21,7
Gips (gebrannt)	1,81	Porphyr	2,4—2,8
» (gegossen, trocken)	0,97	Quecksilber (bei 0° C.)	13,59593
Glas (Fensterg.)	2,64	Sand (feucht)	1,9—1,95
» (Spiegelg.)	2,46	» (trocken)	1,4—1,64
Gneis	2,4—2,7	» (grobkörnig)	1,37—1,49
Gold	18,6—19,5	Sandstein	1,9—2,7
Granit	2,5—3,05	Schiefer	2,6—2,7
Hölzer (lufttrocken):		Serpentinstein	2,55
Eiche	0,62—0,85	Silber	10,1—10,62
Erle	0,5	Stahl (Cementst.)	7,26—7,8
Esche	0,64	» (Gussst.)	7,83—7,92
Fichte	0,47	Thon	1,8—2,63
Kiefer	0,55—0,62	Wasser (bei + 4° C.)	1,0
Tanne	0,5—0,6	Ziegel	1,4—2,2
Rothbuche	0,75	Zink	6,86—7,2
Kalkstein	2,4—2,8	Zinn	7,18—7,3

Man versteht unter »Specifisches Gewicht« die Verhältnisszahl, welche angiebt, wie gross das Gewicht eines Körpers im Vergleich zu einem Raumtheil Wasser von gleicher Grösse mit dem des Körpers ist. 1 Kubikdecimeter Wasser wiegt bei + 4° C. 1 Kilogramm, daher sind die in vorstehender Tabelle aufgeführten Zahlen der specifischen Gewichte zugleich die Gewichte der betreffenden Körper pro Kubikdecimeter in Kilogramm; es wiegt z. B. 1 Kubikdecimeter Gusseisen 7 bis 7,5 Kilogramm.

IV. Kreisflächeninhalts-Tabelle.

d = Durchmesser des Kreises.

d=	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
—	0,0000	0,0079	0,0314	0,0707	0,1257	0,1963	0,2827	0,3848	0,5027	0,6362
1	0,7854	0,9503	1,1310	1,3273	1,5394	1,7671	2,0106	2,2698	2,5447	2,8353
2	3,1416	3,4636	3,8013	4,1548	4,5239	4,9087	5,3093	5,7256	6,1575	6,6052
3	7,0686	7,5477	8,0425	8,5530	9,0792	9,6211	10,179	10,752	11,341	11,946
4	12,566	13,203	13,854	14,522	15,205	15,904	16,619	17,349	18,096	18,857
5	19,635	20,428	21,237	22,062	22,902	23,758	24,630	25,518	26,421	27,340
6	28,274	29,225	30,191	31,172	32,170	33,183	34,212	35,257	36,317	37,393
7	38,485	39,592	40,715	41,854	43,008	44,179	45,365	46,566	47,784	49,017
8	50,265	51,530	52,810	54,106	55,418	56,745	58,088	59,447	60,821	62,211
9	63,617	65,039	66,476	67,929	69,398	70,882	72,382	73,898	75,430	76,977
10	78,540	80,119	81,713	83,323	84,949	86,590	88,247	89,920	91,609	93,313
11	95,033	96,769	98,520	100,29	102,07	103,87	105,68	107,51	109,36	111,22
12	113,10	114,99	116,90	118,82	120,76	122,72	124,69	126,68	128,68	130,70
13	132,73	134,78	136,85	138,93	141,03	143,14	145,27	147,41	149,57	151,75
14	153,94	156,15	158,37	160,61	162,86	165,13	167,42	169,72	172,03	174,37
15	176,71	179,08	181,46	183,85	186,27	188,69	191,13	193,59	196,07	198,56
16	201,06	203,58	206,12	208,67	211,24	213,82	216,42	219,04	221,67	224,32
17	226,98	229,66	232,35	235,06	237,79	240,53	243,28	246,06	248,85	251,65
18	254,47	257,30	260,16	263,02	265,90	268,80	271,72	274,65	277,59	280,55
19	283,53	286,52	289,53	292,55	295,59	298,65	301,72	304,81	307,91	311,03
20	314,16	317,31	320,47	323,65	326,85	330,06	333,29	336,54	339,79	343,07
21	346,36	349,67	352,99	356,33	359,68	363,05	366,44	369,84	373,25	376,68
22	380,13	383,60	387,08	390,57	394,08	397,61	401,15	404,71	408,28	411,87
23	415,48	419,10	422,73	426,38	430,05	433,74	437,44	441,15	444,88	448,63
24	452,39	456,17	459,96	463,77	467,59	471,44	475,29	479,16	483,05	486,95
25	490,87	494,81	498,76	502,73	506,71	510,71	514,72	518,75	522,79	526,85
26	530,93	535,02	539,13	543,25	547,39	551,55	555,72	559,90	564,10	568,32
27	572,56	576,80	581,07	585,35	589,65	593,96	598,28	602,63	606,99	611,36
28	615,75	620,16	624,58	629,02	633,47	637,94	642,42	646,92	651,44	655,97
29	660,52	665,08	669,66	674,26	678,87	683,49	688,13	692,79	697,47	702,15
30	706,86	711,58	716,31	721,07	725,83	730,62	735,42	740,23	745,06	749,91
31	754,77	759,64	764,54	769,45	774,37	779,31	784,27	789,24	794,23	799,23
32	804,25	809,28	814,33	819,40	824,48	829,58	834,69	839,82	844,96	850,12
33	855,30	860,49	865,70	870,92	876,16	881,41	886,68	891,97	897,27	902,59
34	907,92	913,27	918,63	924,01	929,41	934,82	940,25	945,69	951,15	956,62
35	962,11	967,62	973,14	978,68	984,23	989,80	995,38	1001,0	1006,6	1012,2
36	1017,9	1023,5	1029,2	1034,9	1040,6	1046,3	1052,1	1057,8	1063,6	1069,4
37	1075,2	1081,0	1086,9	1092,7	1098,6	1104,5	1110,4	1116,3	1122,2	1128,2
38	1134,1	1140,1	1146,1	1152,1	1158,1	1164,2	1170,2	1176,3	1182,4	1188,5
39	1194,6	1200,7	1206,9	1213,0	1219,2	1225,4	1231,6	1237,9	1244,1	1250,4
40	1256,6	1262,9	1269,2	1275,6	1281,9	1288,2	1294,6	1301,0	1307,4	1313,8
41	1320,3	1326,7	1333,2	1339,7	1346,1	1352,7	1359,2	1365,7	1372,3	1378,9
42	1385,4	1392,0	1398,7	1405,3	1412,0	1418,6	1425,3	1432,8	1438,7	1445,5
43	1452,2	1459,0	1465,7	1472,5	1479,3	1486,2	1493,0	1499,9	1506,7	1513,6
44	1520,5	1527,4	1534,4	1541,3	1548,2	1555,3	1562,3	1569,3	1576,3	1583,4
45	1590,4	1597,5	1604,6	1611,7	1618,8	1626,0	1633,1	1640,3	1647,5	1654,7
46	1661,9	1669,1	1676,4	1683,7	1690,9	1698,2	1705,5	1712,9	1720,2	1727,6
47	1734,9	1742,3	1749,7	1757,2	1764,6	1772,1	1779,5	1787,0	1794,5	1802,0
48	1809,6	1817,1	1824,7	1832,2	1839,8	1847,5	1855,1	1862,7	1870,4	1878,1
49	1885,7	1893,4	1901,2	1908,9	1916,7	1924,4	1932,2	1940,0	1947,8	1955,6
50	1963,5	1971,4	1979,2	1987,1	1995,0	2003,0	2010,9	2018,9	2026,8	2034,8
51	2042,8	2050,8	2058,9	2066,9	2075,0	2083,1	2091,3	2099,3	2107,4	2115,6
52	2123,7	2131,9	2140,1	2148,3	2156,5	2164,8	2173,0	2181,3	2189,6	2197,9
53	2206,2	2214,5	2222,9	2231,2	2239,6	2248,0	2256,4	2264,8	2273,3	2281,7
54	2290,2	2298,7	2307,2	2315,7	2324,3	2332,8	2341,4	2350,0	2358,6	2367,2

$d=$	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
55	2375,8	2384,5	2393,1	2401,8	2410,5	2419,2	2427,9	2436,7	2445,4	2454,2
56	2463,0	2471,8	2480,6	2489,5	2498,3	2507,2	2516,1	2525,0	2533,9	2542,8
57	2551,8	2560,7	2569,7	2578,7	2587,7	2596,7	2605,8	2614,8	2623,9	2633,0
58	2642,1	2651,2	2660,3	2669,5	2678,6	2687,8	2697,0	2706,2	2715,5	2724,7
59	2734,0	2743,2	2752,5	2761,8	2771,2	2780,5	2789,9	2799,2	2808,6	2818,0
60	2827,4	2836,9	2846,3	2855,8	2865,3	2874,8	2884,3	2893,8	2903,3	2912,9
61	2922,5	2932,1	2941,7	2951,3	2960,9	2970,6	2980,2	2989,9	2999,6	3009,3
62	3019,1	3028,8	3038,6	3048,4	3058,2	3068,0	3077,8	3087,6	3097,5	3107,4
63	3117,2	3127,1	3137,1	3147,0	3157,0	3166,9	3176,9	3186,9	3196,0	3206,9
64	3217,0	3227,1	3237,1	3247,2	3257,3	3267,5	3277,6	3287,7	3297,9	3308,1
65	3318,3	3328,5	3338,8	3349,0	3359,3	3369,6	3379,9	3390,2	3400,5	3410,8
66	3421,2	3431,6	3442,0	3452,4	3462,8	3473,2	3483,7	3494,2	3504,6	3515,1
67	3525,7	3536,2	3546,7	3557,3	3567,9	3578,5	3589,1	3599,7	3610,3	3621,0
68	3631,7	3642,4	3653,1	3663,8	3674,5	3685,3	3696,1	3706,8	3717,6	3728,5
69	3739,3	3750,1	3761,0	3771,9	3782,8	3793,7	3804,6	3815,5	3826,5	3837,5
70	3848,5	3859,5	3870,5	3881,5	3892,6	3903,6	3914,7	3925,8	3936,9	3948,0
71	3959,2	3970,4	3981,5	3992,7	4003,9	4015,2	4026,4	4037,6	4048,9	4060,2
72	4071,5	4082,8	4094,1	4105,5	4116,9	4128,2	4139,6	4151,1	4162,5	4173,9
73	4185,4	4196,9	4208,4	4219,9	4231,4	4242,9	4254,5	4266,0	4277,6	4289,2
74	4300,8	4312,5	4324,1	4335,8	4347,5	4359,2	4370,9	4382,6	4394,3	4406,1
75	4417,9	4429,7	4441,5	4453,3	4465,1	4477,0	4488,8	4500,7	4512,6	4524,5
76	4536,5	4548,4	4560,4	4572,3	4584,3	4596,3	4608,4	4620,4	4632,5	4644,5
77	4656,6	4668,7	4680,0	4693,0	4705,2	4717,3	4729,5	4741,7	4753,9	4766,1
78	4778,4	4790,6	4802,9	4815,2	4827,5	4839,8	4852,2	4864,5	4876,9	4889,3
79	4901,7	4914,1	4926,5	4939,0	4951,4	4963,6	4976,4	4988,9	5001,4	5014,0
80	5026,5	5039,1	5051,7	5064,3	5076,9	5089,6	5102,2	5114,9	5127,6	5140,3
81	5153,0	5165,7	5178,5	5191,2	5204,0	5216,8	5229,6	5242,4	5255,3	5268,1
82	5281,0	5293,9	5306,8	5319,7	5332,7	5345,6	5358,6	5371,6	5384,6	5397,6
83	5410,6	5423,7	5436,7	5449,8	5462,9	5476,0	5489,1	5502,3	5515,4	5528,6
84	5541,8	5555,0	5568,2	5581,4	5594,7	5607,9	5621,2	5634,5	5647,8	5661,2
85	5674,5	5687,9	5701,2	5714,6	5728,0	5741,5	5754,9	5768,3	5781,8	5795,3
86	5808,8	5822,3	5935,8	5849,4	5863,0	5876,5	5890,1	5903,8	5917,4	5931,0
87	5944,7	5958,4	5972,0	5985,7	5999,5	6013,2	6027,0	6040,7	6054,5	6068,3
88	6082,1	6096,0	6109,8	6123,7	6137,5	6151,4	6165,3	6179,3	6193,2	6207,6
89	6221,1	6235,1	6249,1	6263,1	6277,2	6291,2	6305,3	6319,4	6333,5	6347,6
90	6361,7	6375,9	6390,0	6404,2	6418,4	6432,6	6446,8	6461,1	6475,3	6489,6
91	6503,9	6518,2	6532,5	6546,8	6561,2	6575,5	6589,9	6604,3	6618,7	6633,2
92	6647,6	6662,1	6676,5	6691,0	6705,5	6720,1	6734,6	6749,2	6763,7	6778,3
93	6792,9	6807,5	6822,2	6836,8	6851,5	6866,1	6880,8	6895,6	6910,3	6925,0
94	6939,8	6954,6	6969,4	6984,2	6999,0	7013,7	7028,7	7043,5	7058,4	7073,3
95	7088,2	7103,1	7118,1	7133,1	7148,0	7163,0	7178,0	7193,1	7208,1	7223,2
96	7238,2	7253,3	7268,4	7283,5	7298,7	7313,8	7329,0	7344,2	7359,4	7374,6
97	7389,8	7405,1	7420,3	7435,6	7450,9	7466,2	7481,5	7496,9	7512,2	7527,6
98	7543,0	7558,4	7573,8	7589,2	7604,7	7620,1	7635,6	7651,1	7666,6	7682,1
99	7697,7	7713,2	7728,8	7744,4	7760,0	7775,6	7791,3	7806,9	7822,6	7838,3

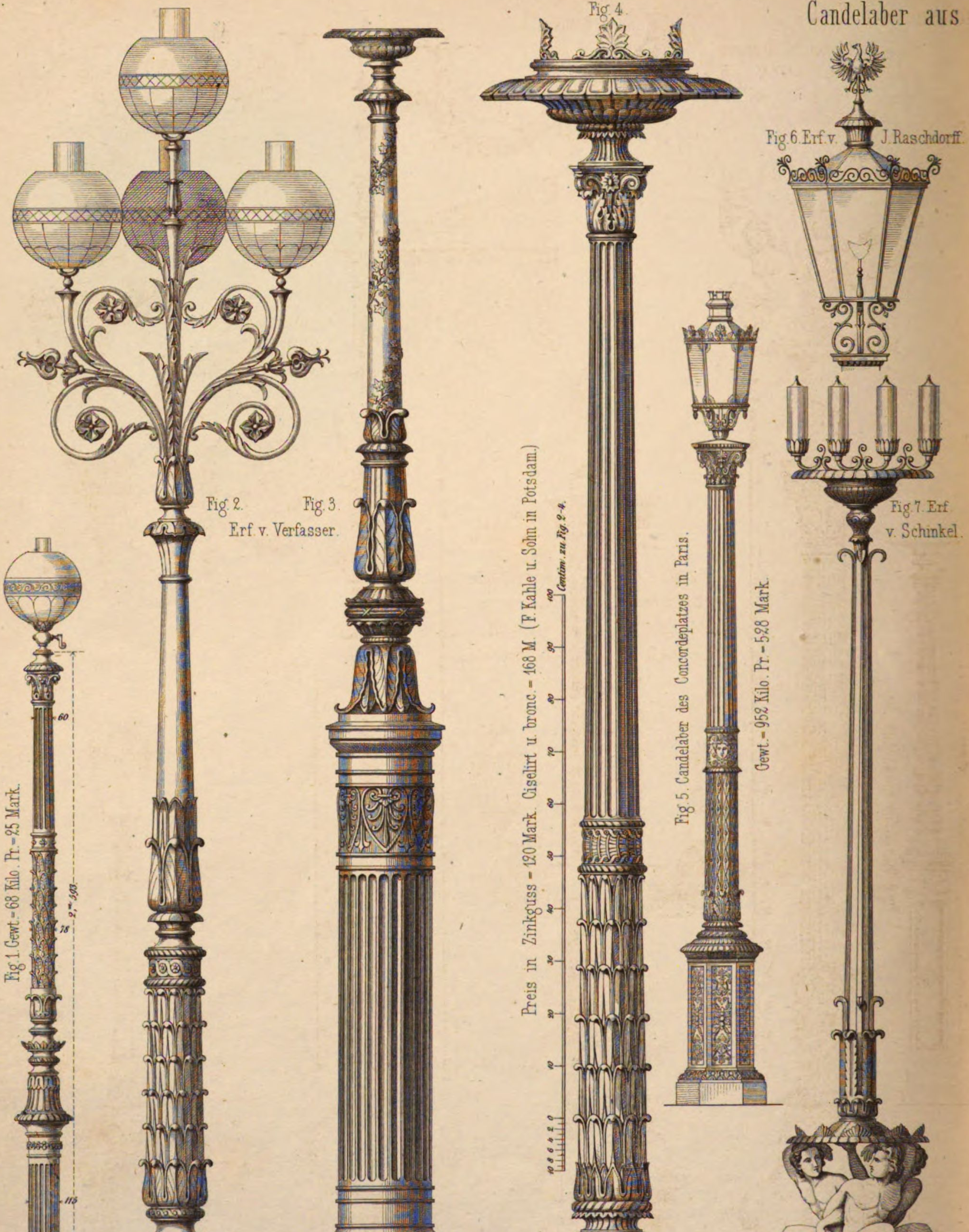
Der Flächeninhalt F eines Kreises vom Halbmesser r oder vom Durchmesser d ist:

$F = r^2\pi = \frac{d^2\pi}{4}$. $\pi = 3{,}14159$; $2\pi = 6{,}28318$; $\pi^2 = 9{,}8696$; $\frac{\pi}{2} = 1{,}5708$; $\frac{\pi}{4} = 0{,}7854$;

$\frac{1}{\pi} = 0{,}3183$; $\frac{4}{\pi} = 1{,}2732$; $\frac{1}{\pi^2} = 0{,}10132$; $\sqrt{\pi} = 1{,}77245$; $\sqrt[3]{\pi} = 1{,}46459$; $\sqrt{\frac{\pi}{4}} = 0{,}88623$.

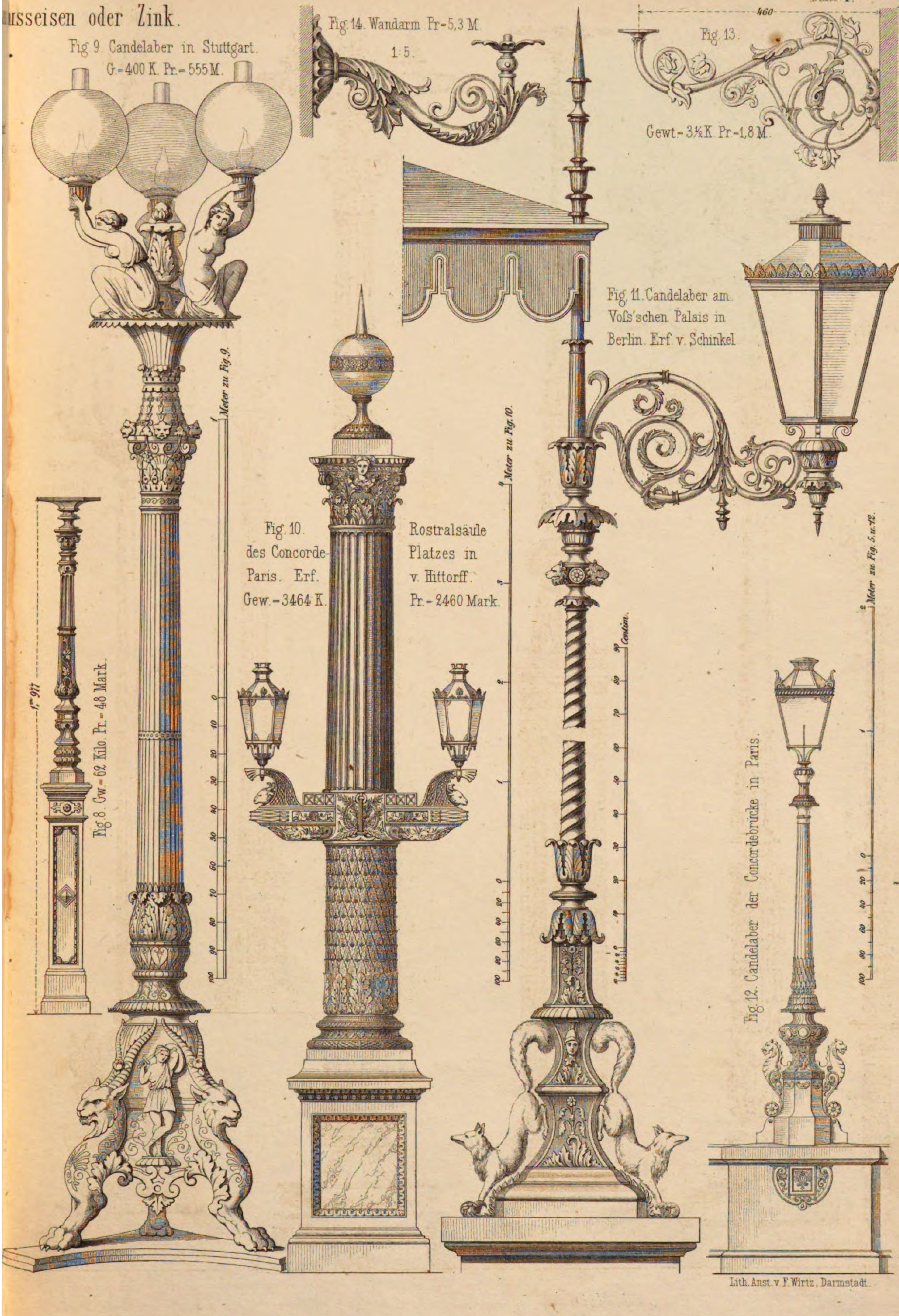
Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

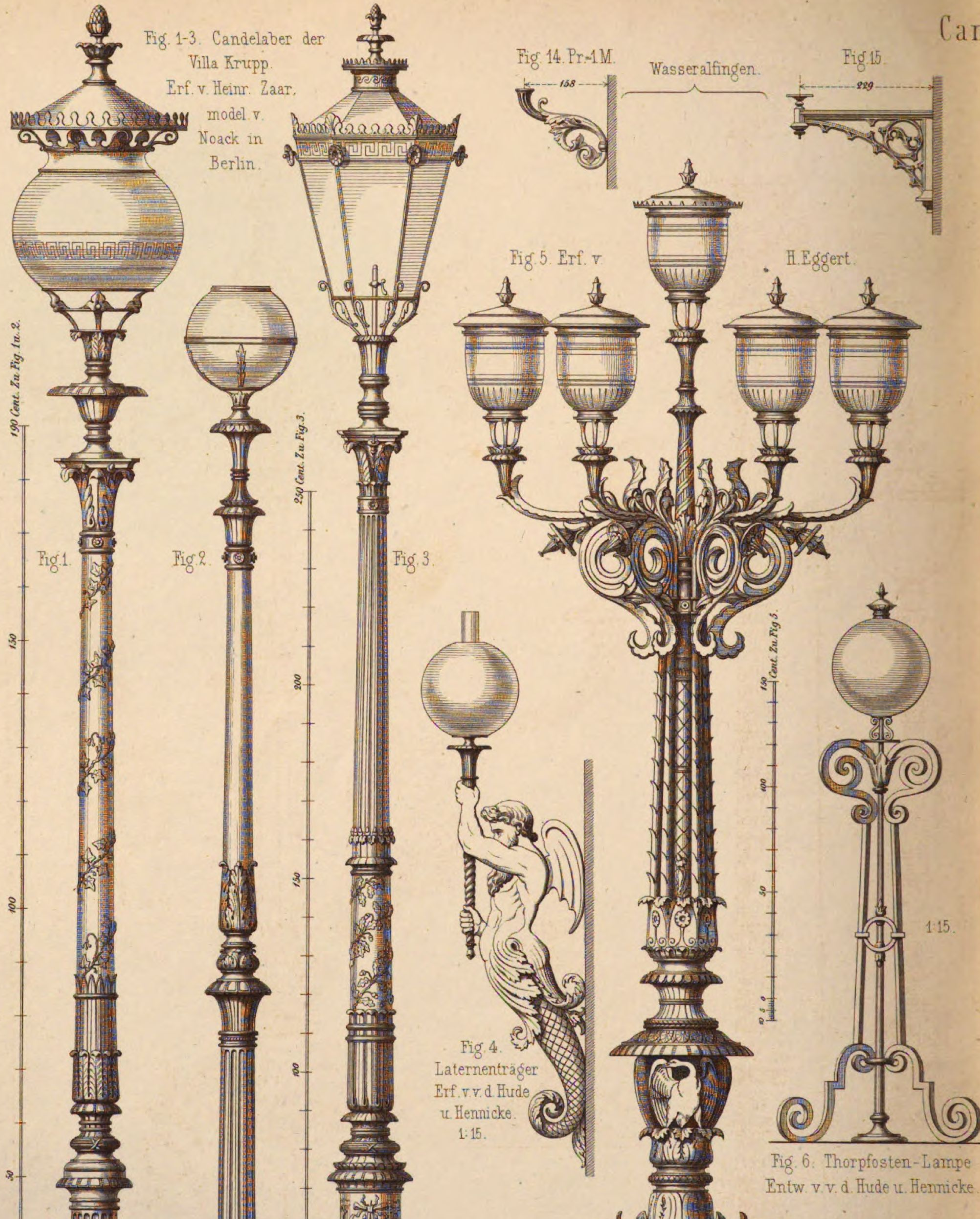
Candelaber aus


Klasen, Eisenconstruction.

…usseisen oder Zink.




Fig. 1-3. Candelaber der Villa Krupp. Erf. v. Heinr. Zaar, model. v. Noack in Berlin.
Fig. 14. Pr.=1 M.
Wasseralfingen.
Fig. 15.
158
229
Fig. 5. Erf. v. H. Eggert.
190 Cent. Zu Fig. 1 u. 2.
250 Cent. Zu Fig. 3.
150 Cent. Zu Fig. 5.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4. Laternenträger Erf. v. v. d. Hude u. Hennicke. 1: 15.
1: 15.
Fig. 6. Thorpfosten-Lampe Entw. v. v. d. Hude u. Hennicke.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Fig. 1. Säulen aus d. St. Thomaskirche zu Berlin. Fig. 2.

Säulen aus

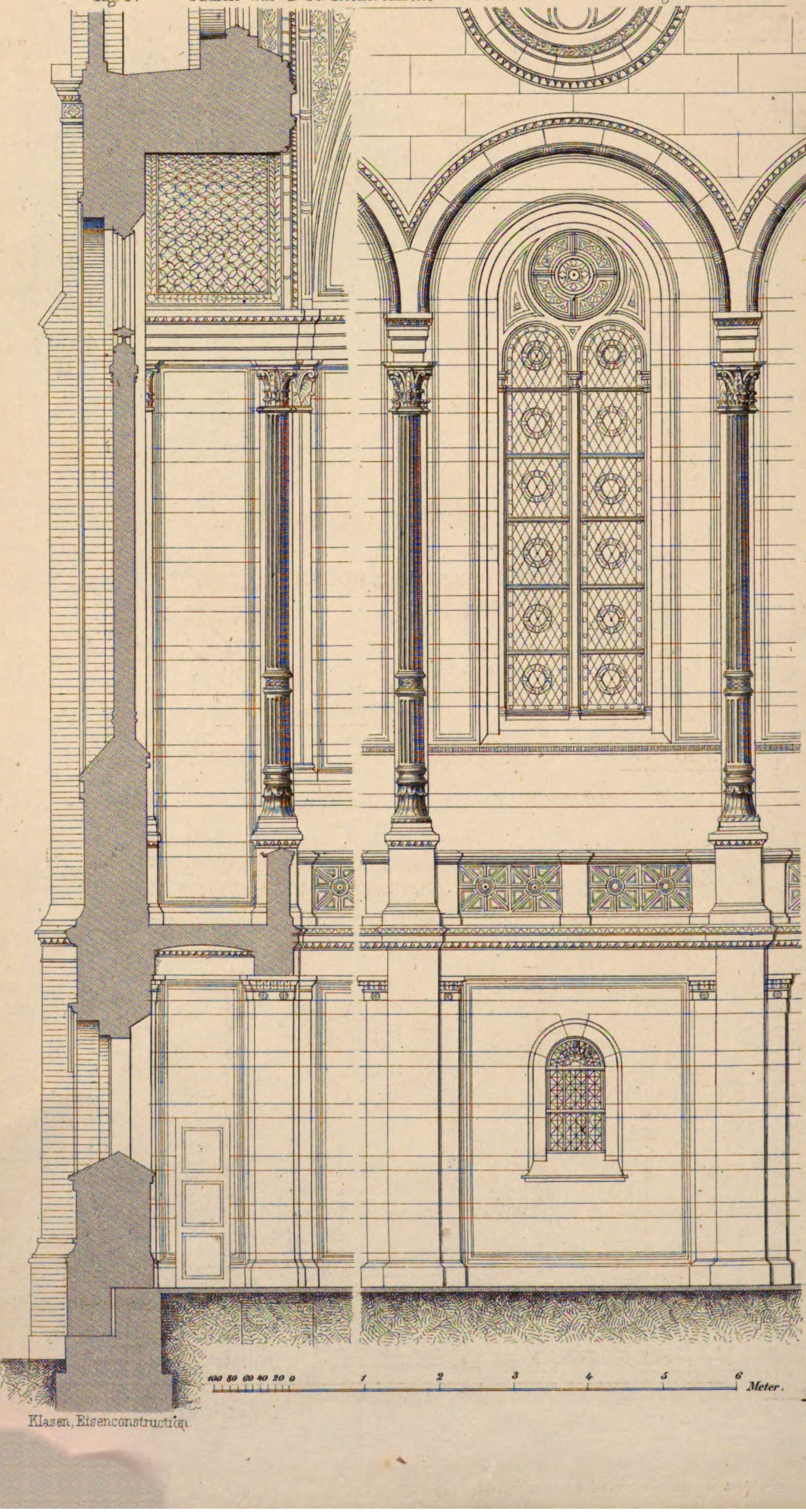


Fig. 3. Gwt-250 Kil. Preis - 78 M.

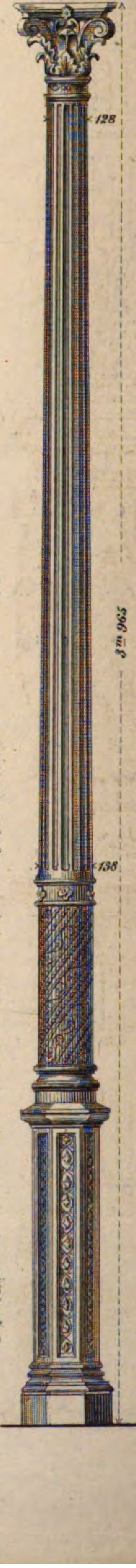


Fig. 4. Gwt-78 Kil. Preis - 28 M.



Klasen, Eisenconstruction

Gusseisen.

Maasstab zu Fig: 7.

100 80 60 40 20 0 1 2 3 Meter.

Fig. 7. Öffnung zwischen den Kaiserzim. d. Ostb. zu Berlin.

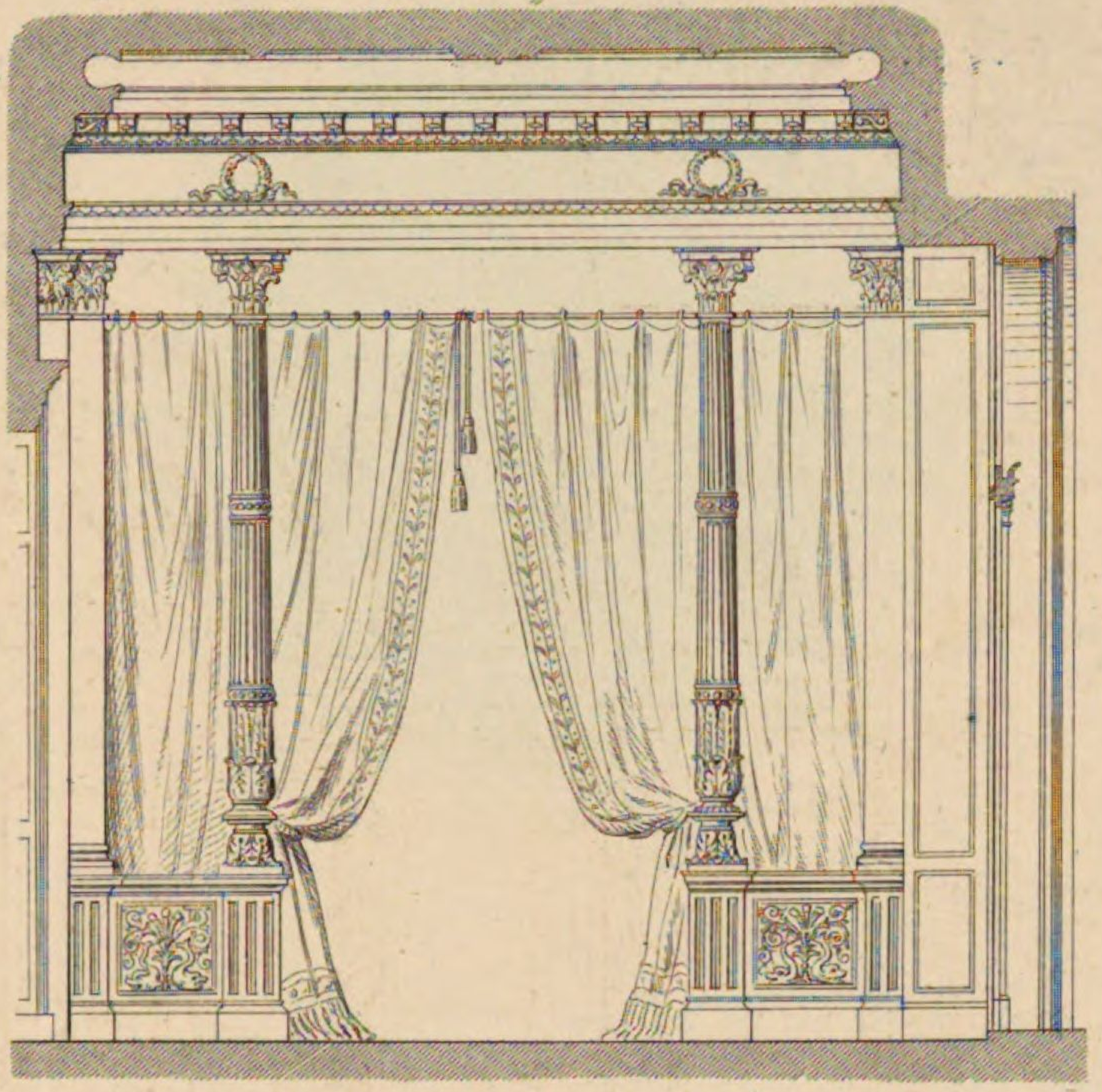


Fig. 5.
Gwt-862 Kilo. Pr-465 Mark.



Fig. 6.
Gwt.- 225 K. Pr.- 84 M.

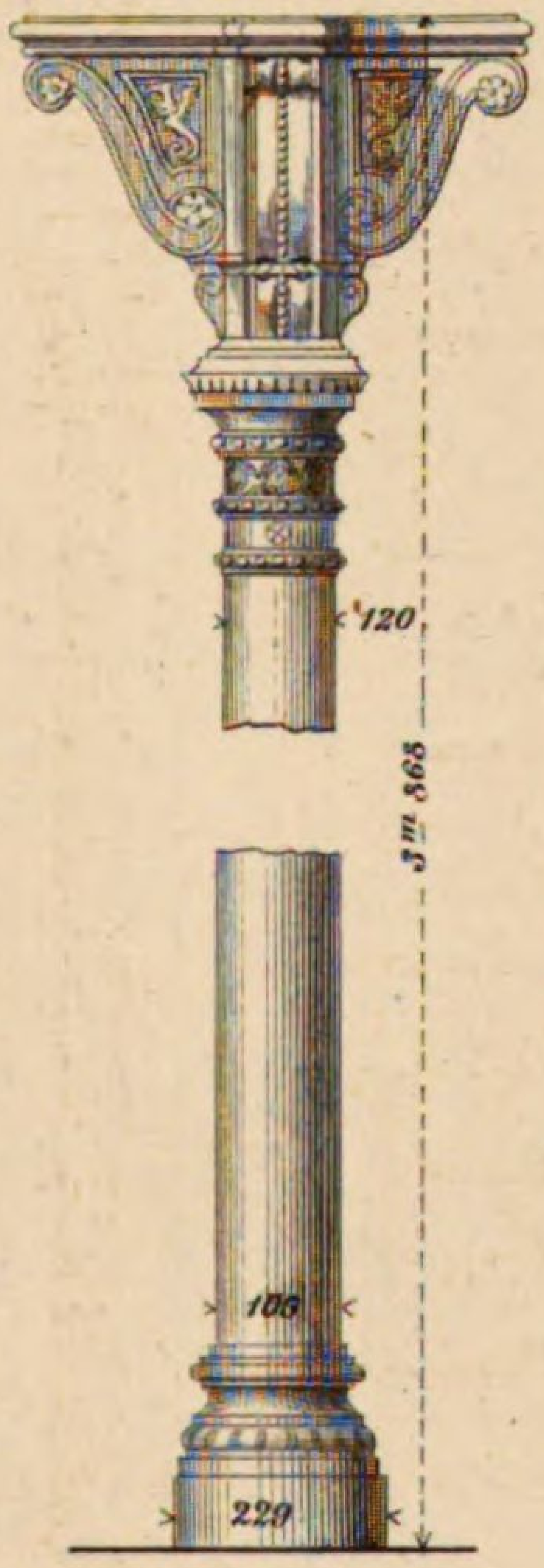
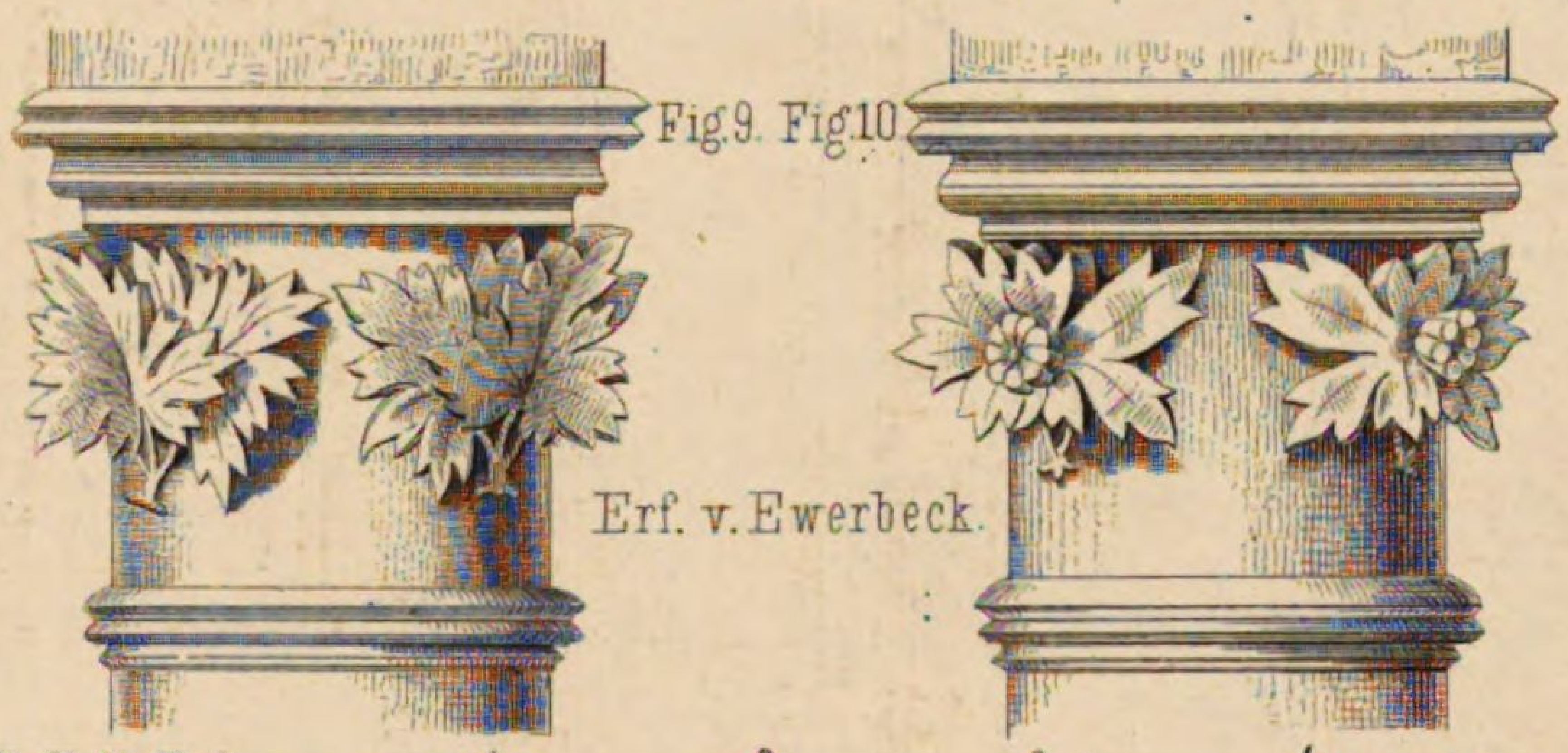
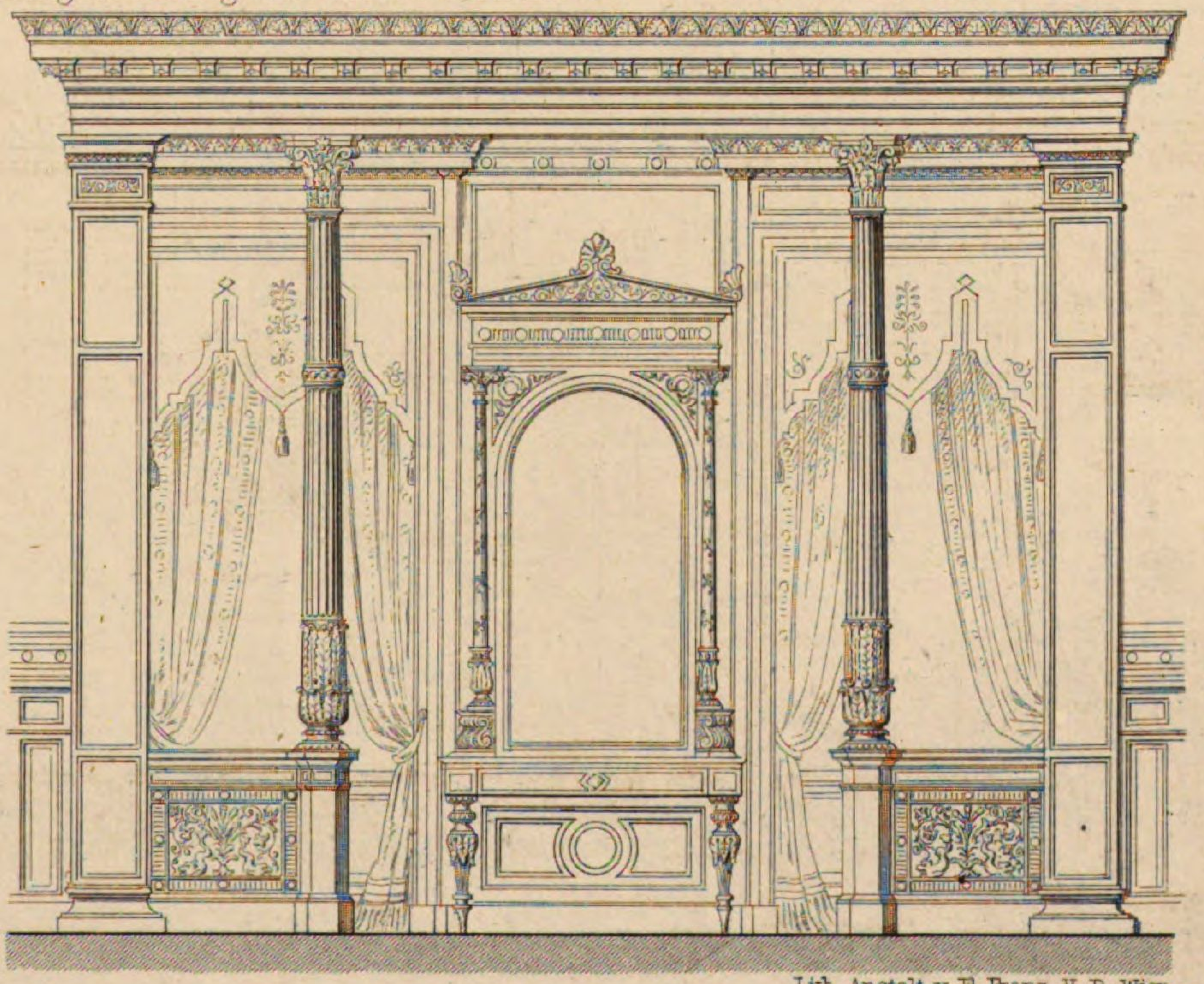


Fig. 9. Fig. 10.



100 80 60 40 20 0 1 2 3 4 Meter, zu Fig: 8.

Fig. 8. Öffnung zwischen d. Wartesälen I. II. Classe d. Ostbahnh. zu Berlin.



Lith. Anstalt v. E. Franz V. B. Wien.

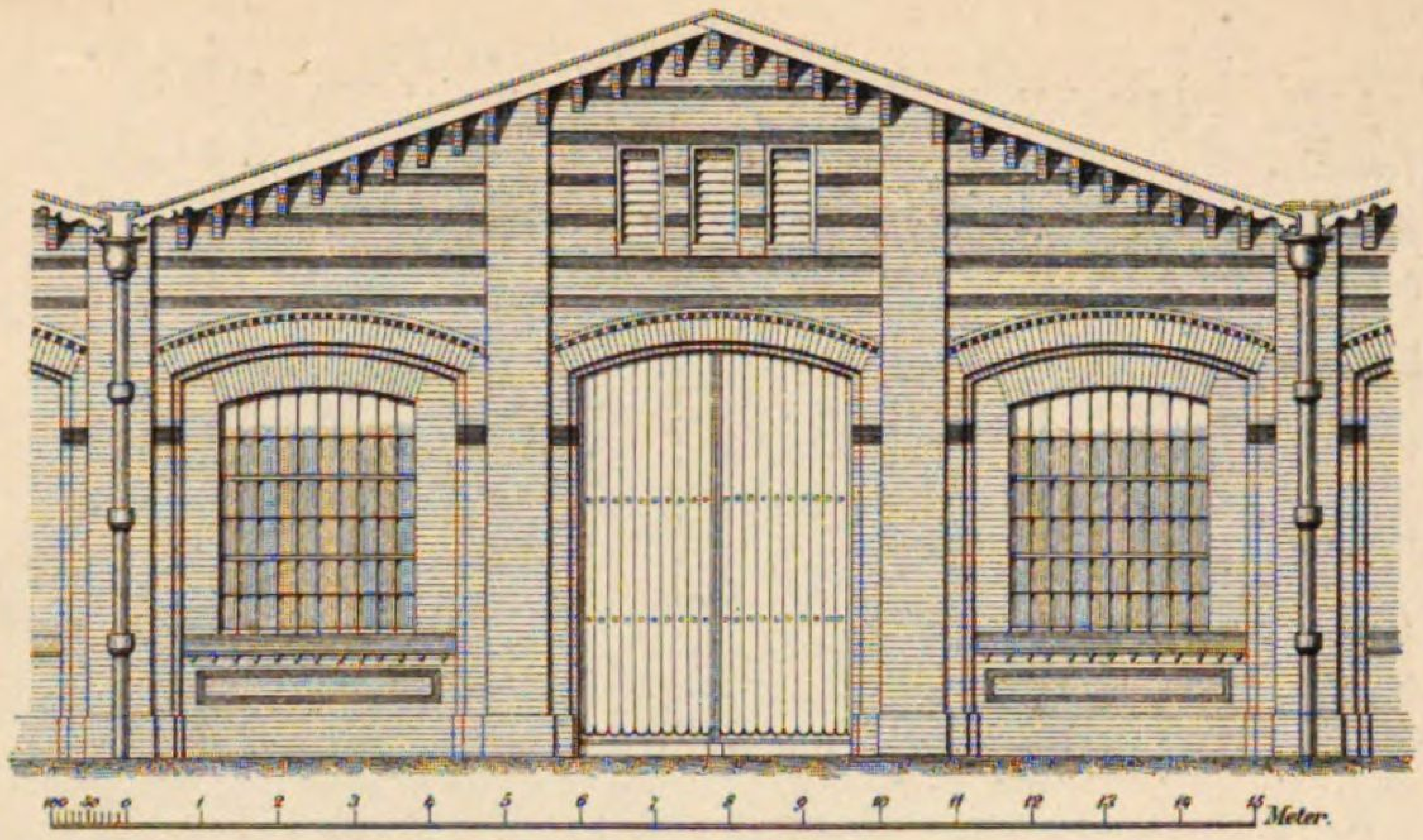


Fig. 1. Theil der Façade des Schuppens für Holzarbeit.

Fig. 11.
v. d. Thomaskirche

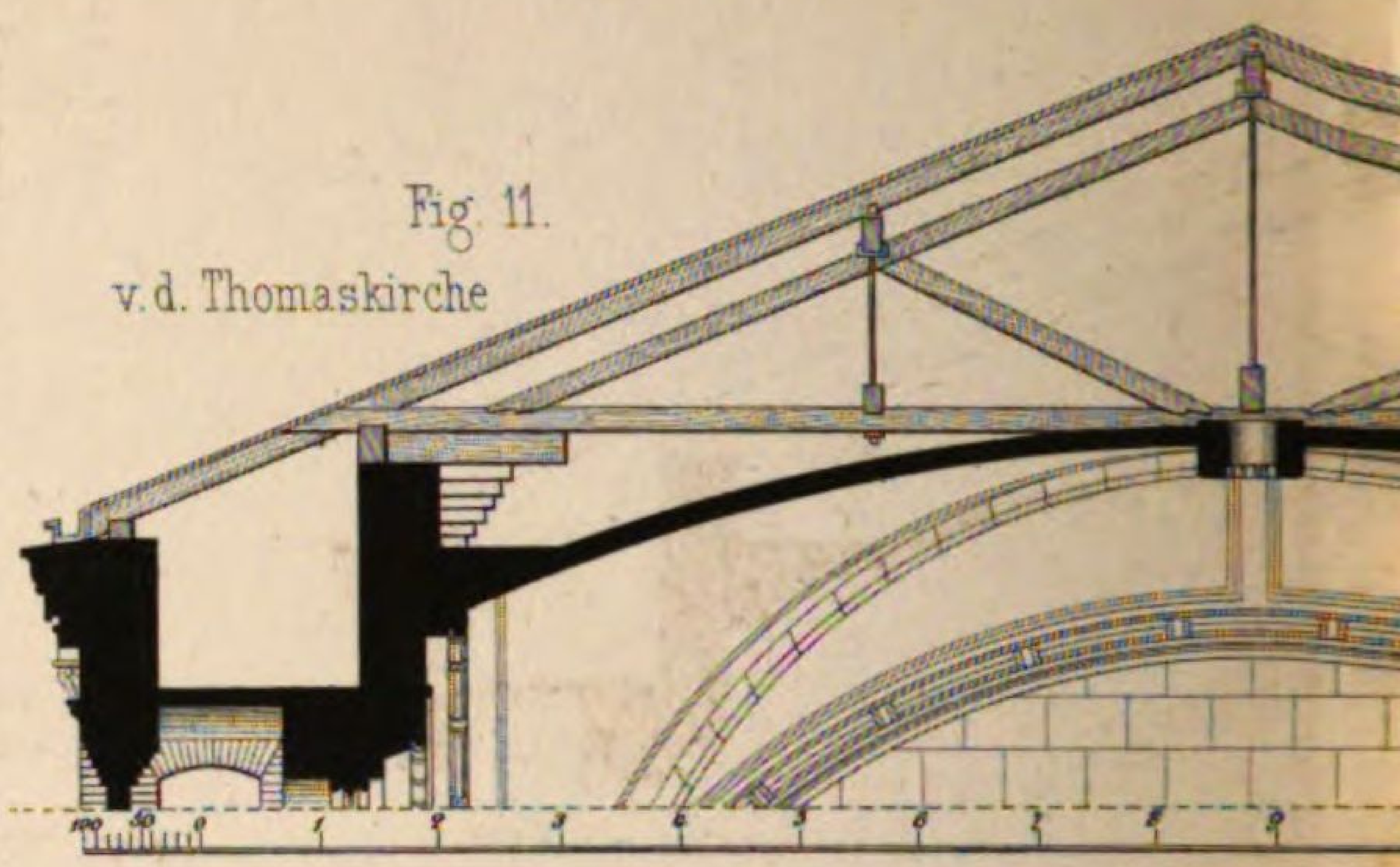
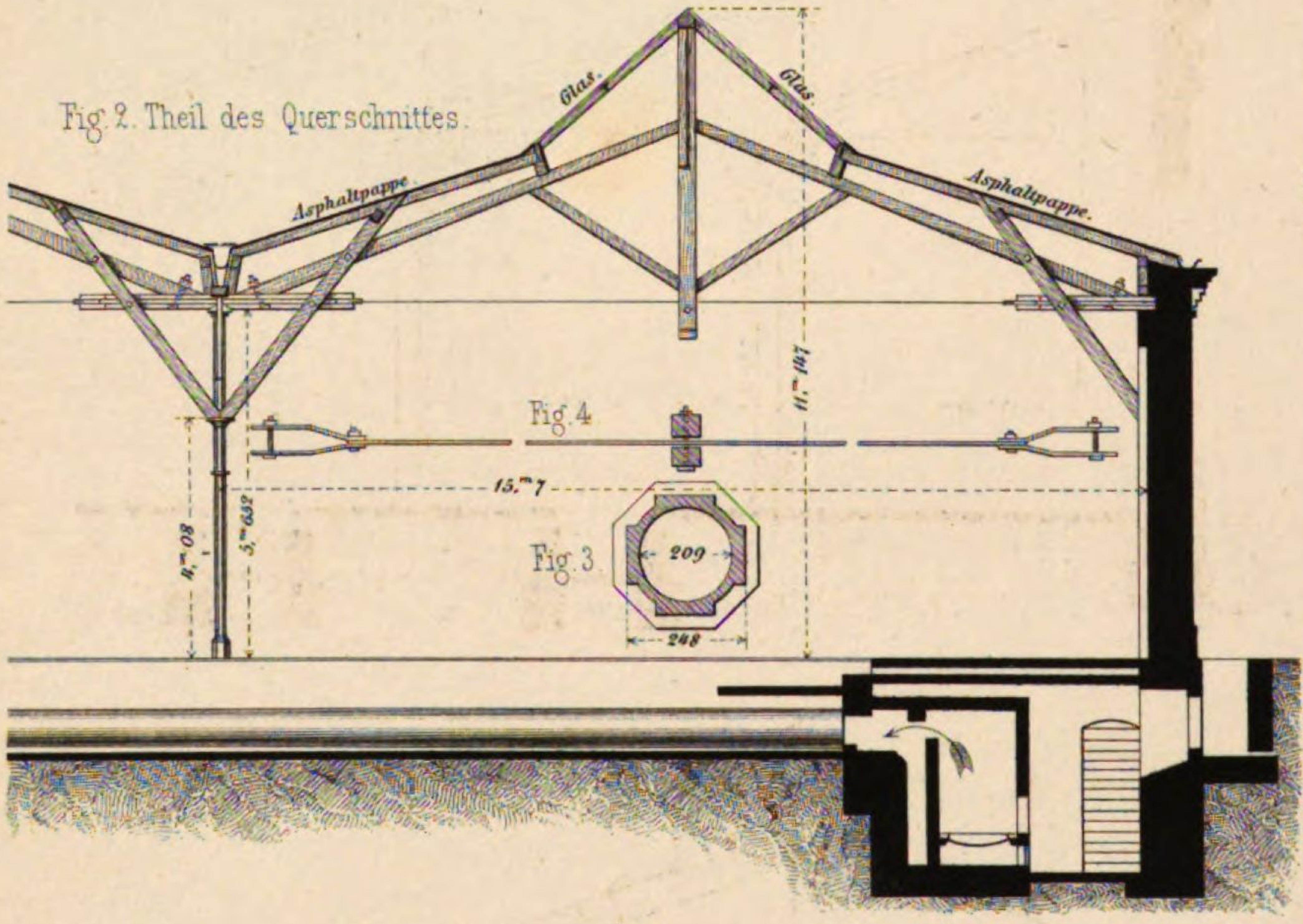


Fig. 2. Theil des Querschnittes.



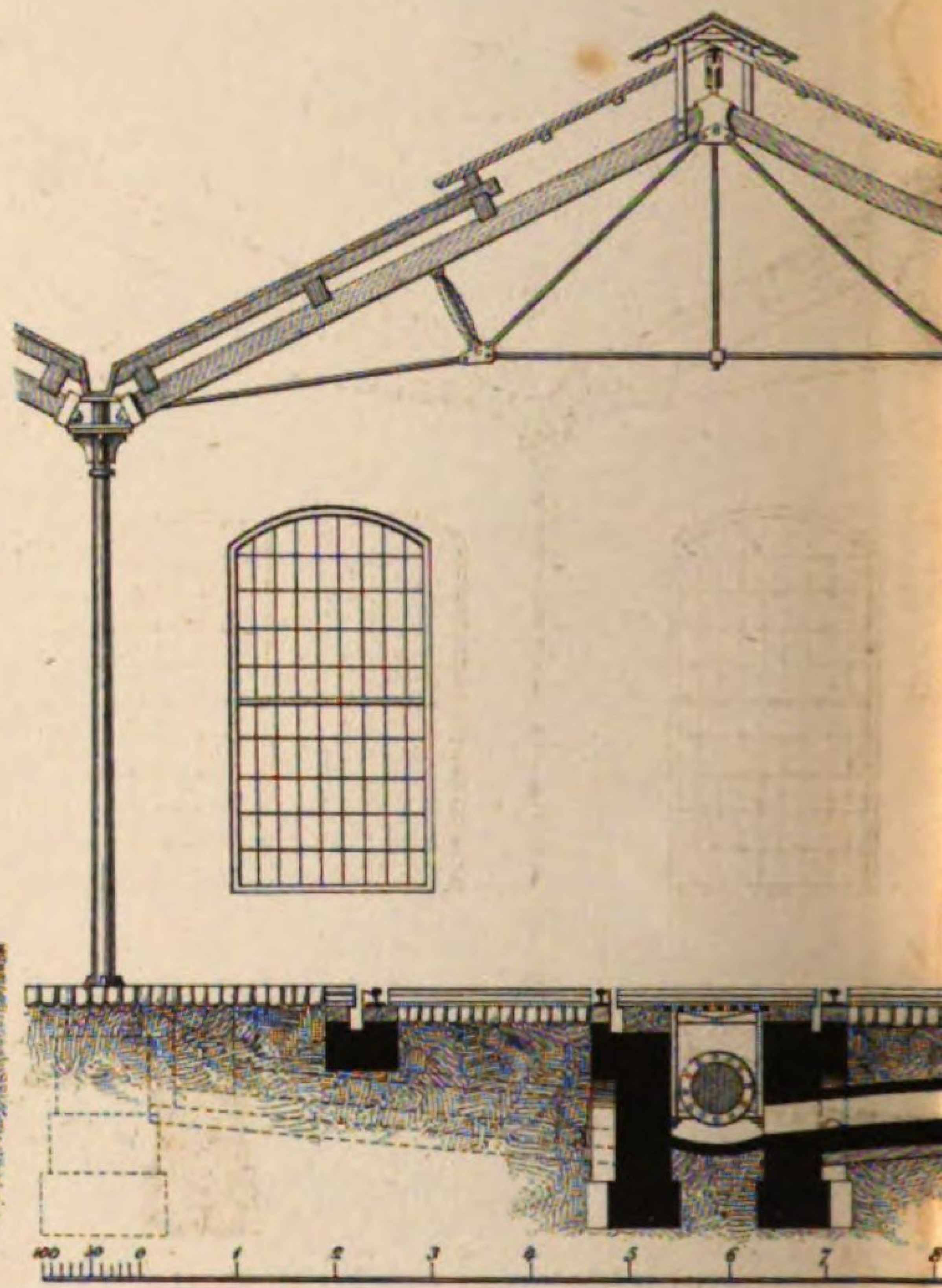


Fig. 5. Grundriss des Schuppens für Holzarbeit in Berlin.

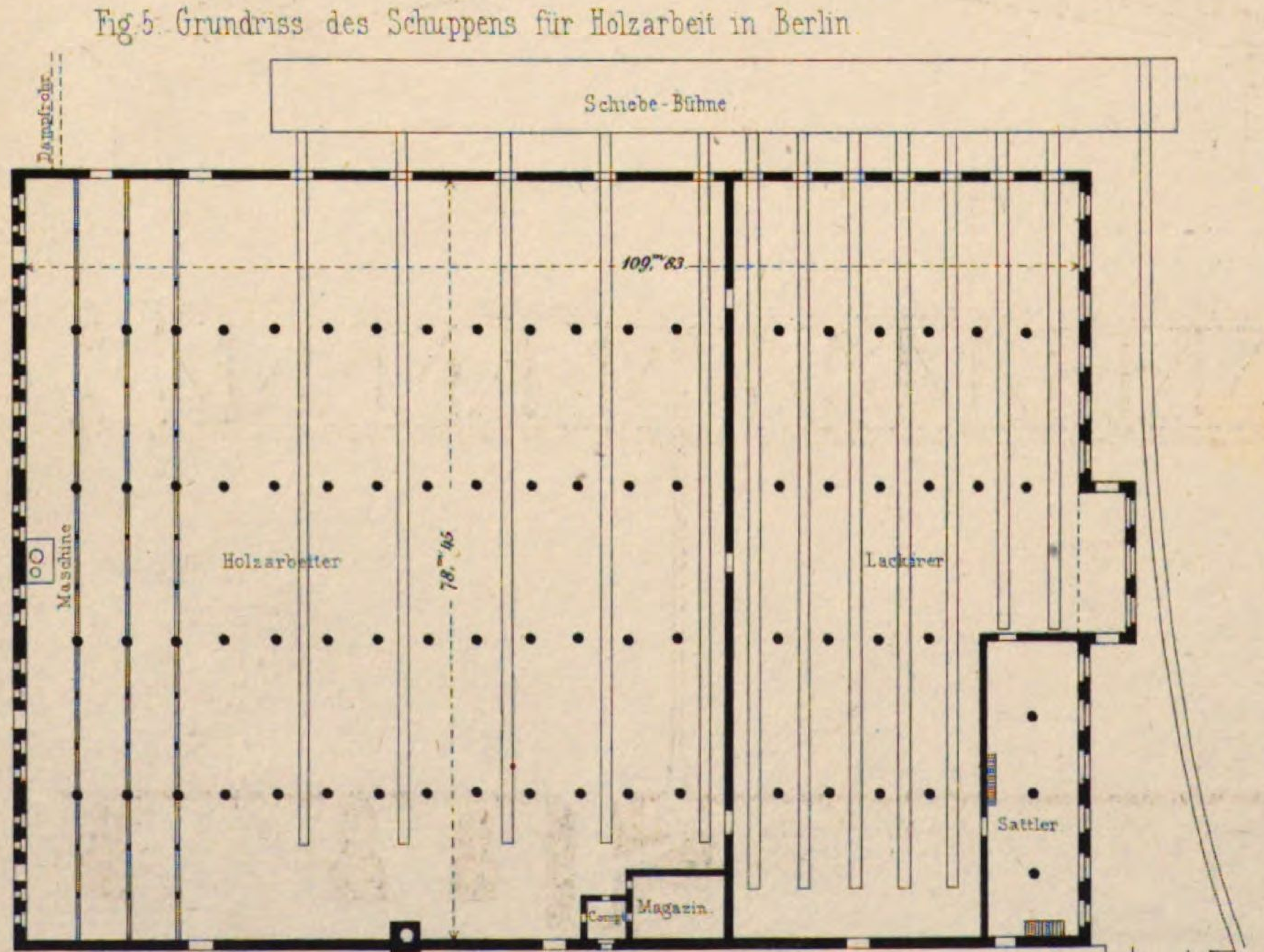
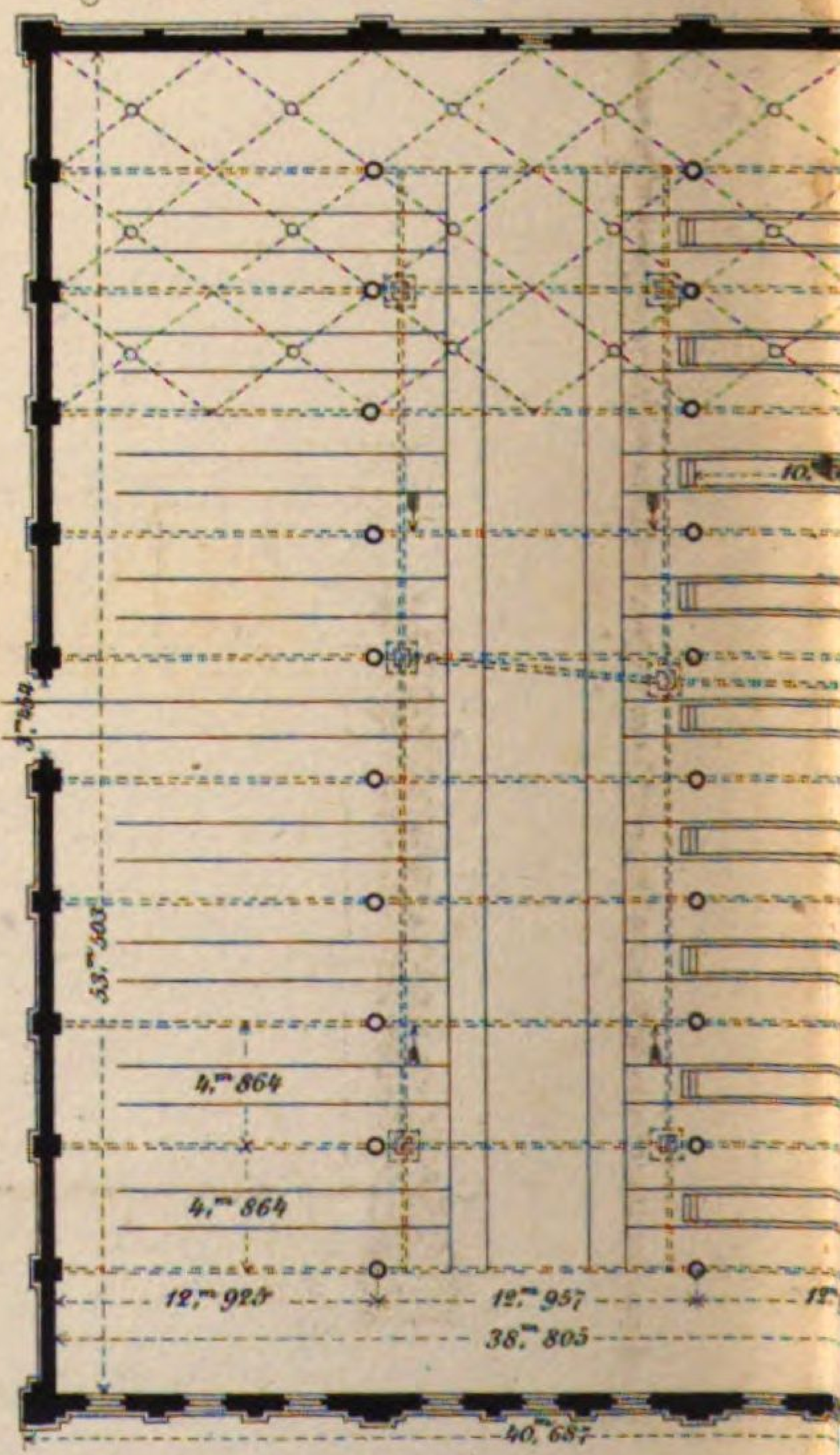


Fig. 6. Grundriss der Reparaturwerkstatt in



Klasen, Eisenconstruction.

…s Holz und Eisen.

Dachbinder in Berlin.

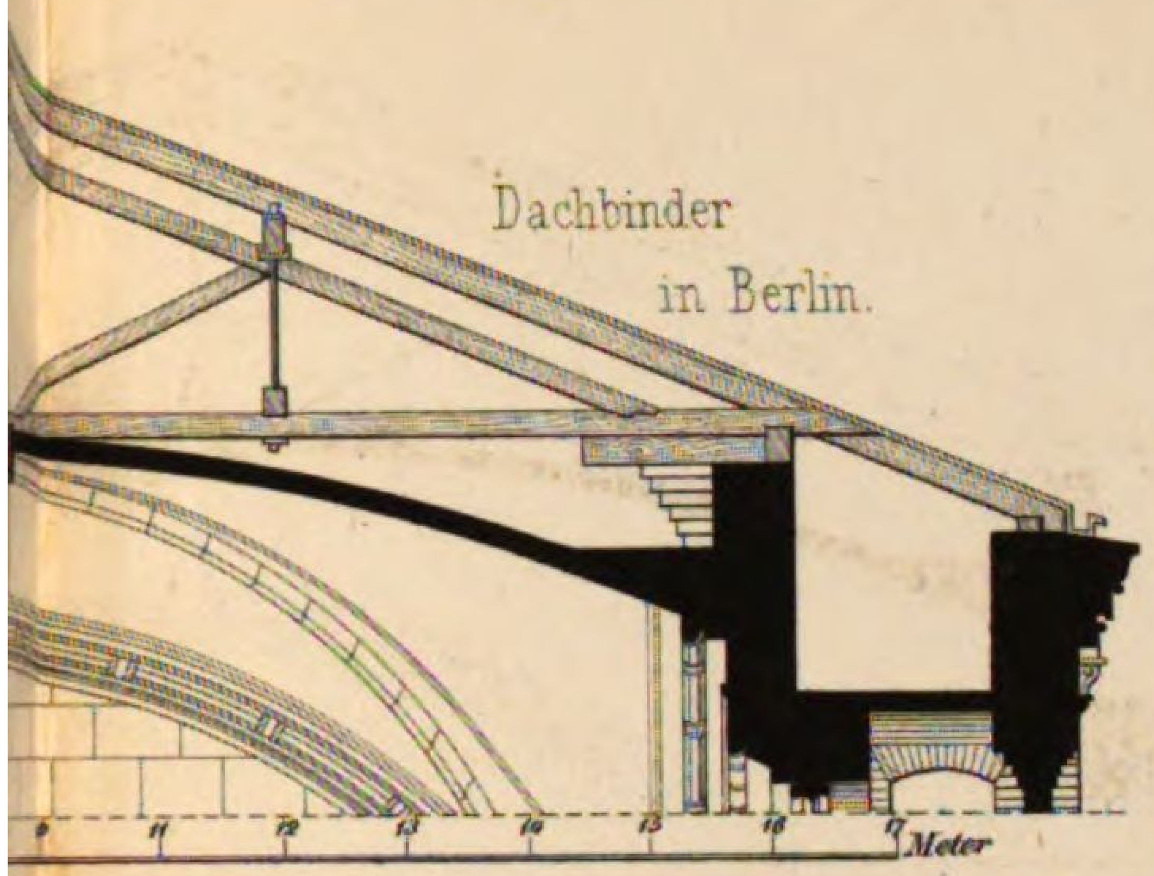


Fig. 8. Vorder-Ansicht.

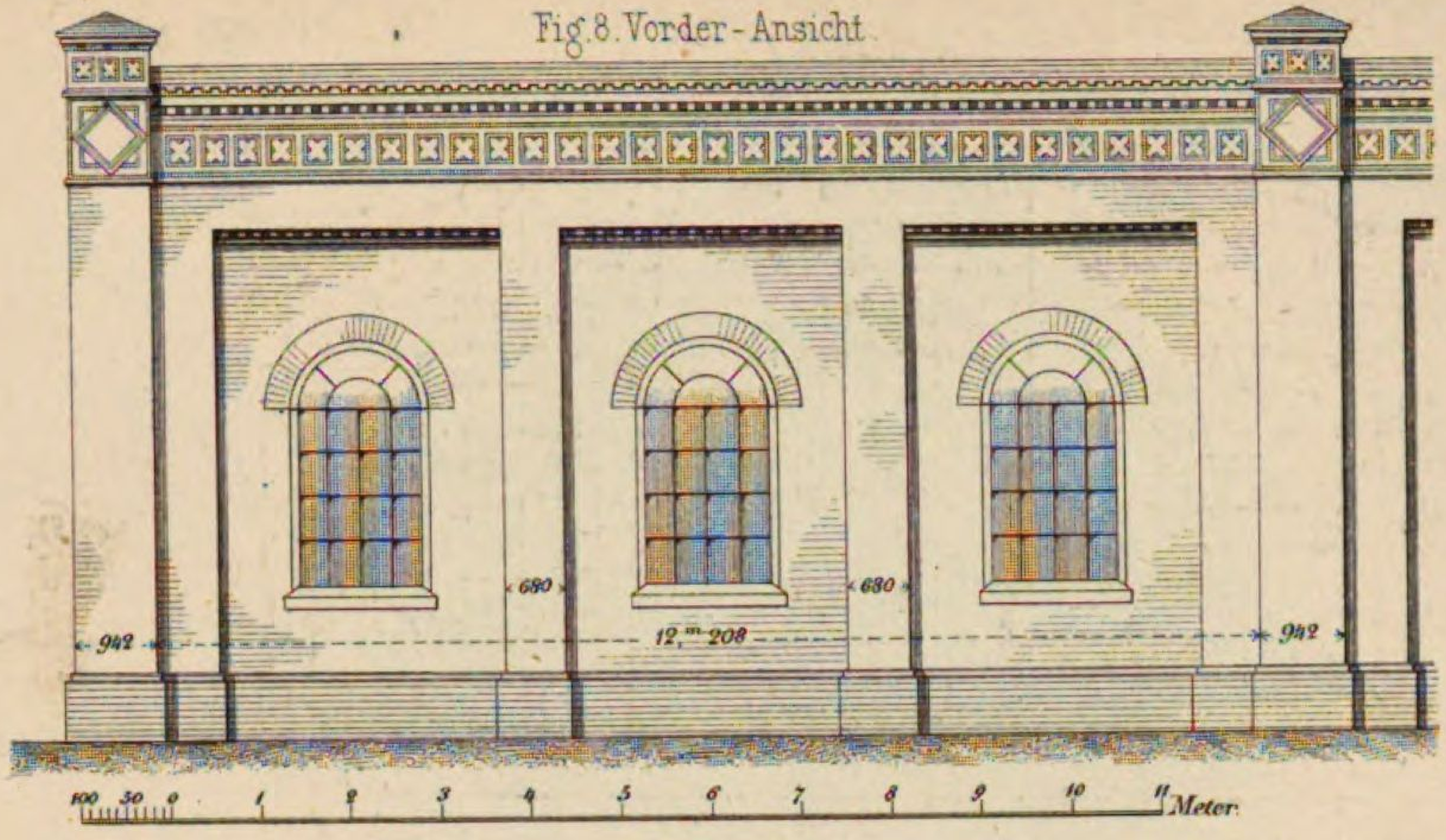


Fig. 9. Längenschnitt.

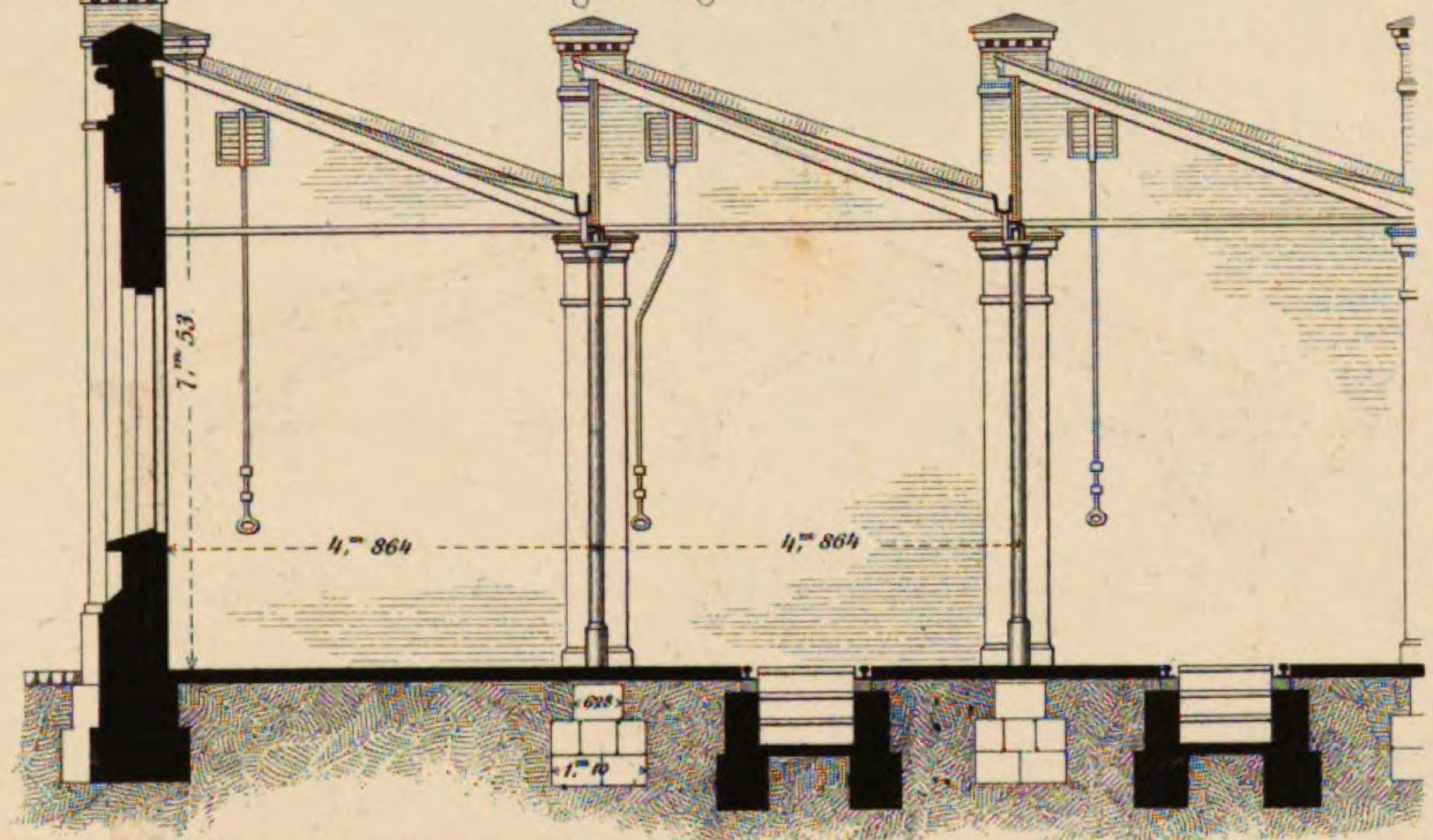
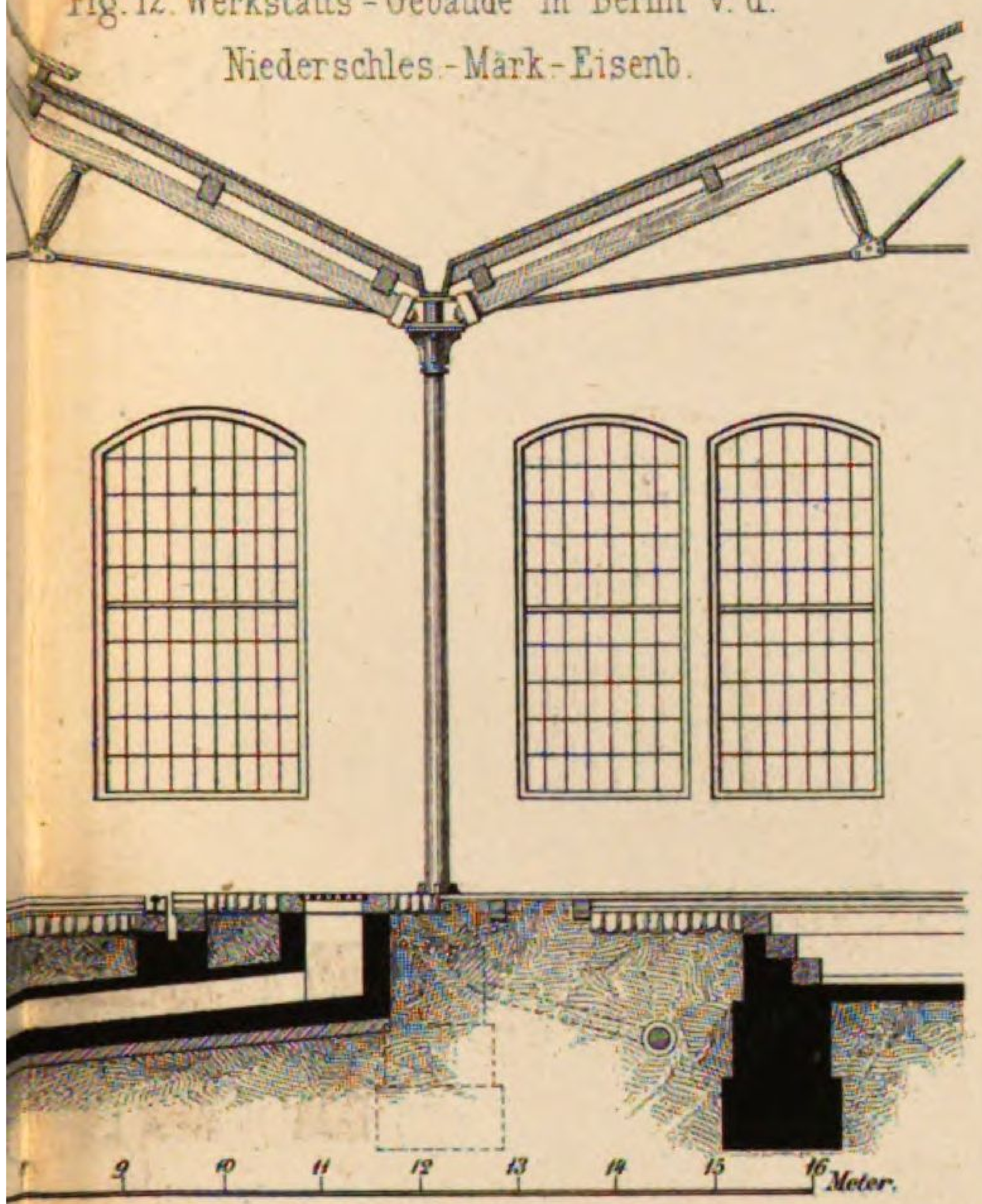
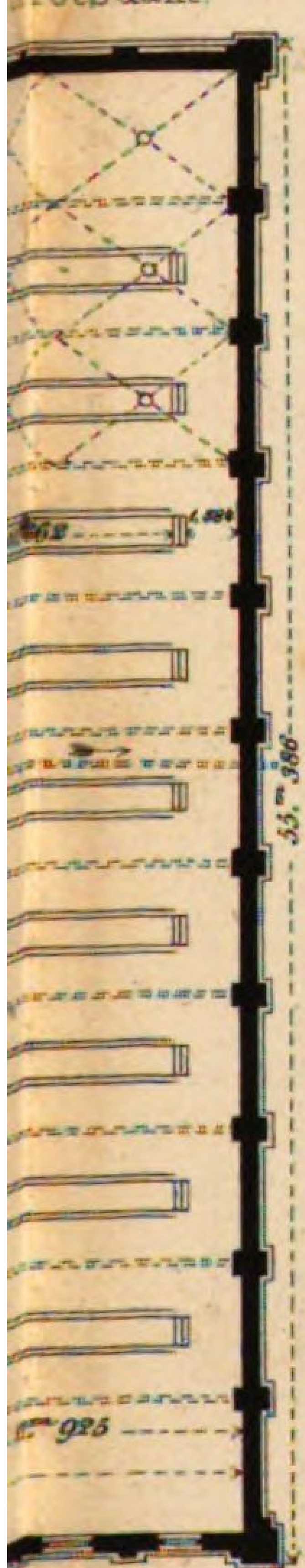


Fig. 12. Werkstatts-Gebäude in Berlin v. d. Niederschles.-Märk.-Eisenb.



…Potsdam.



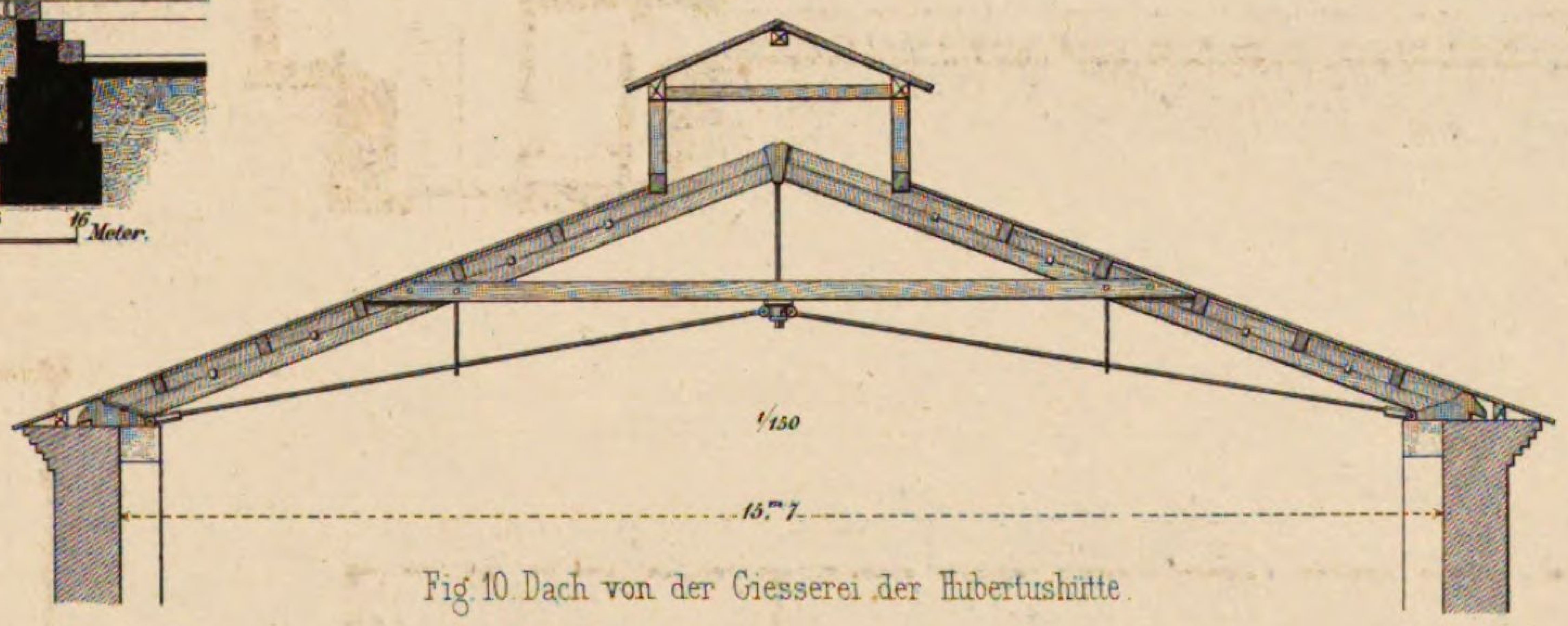
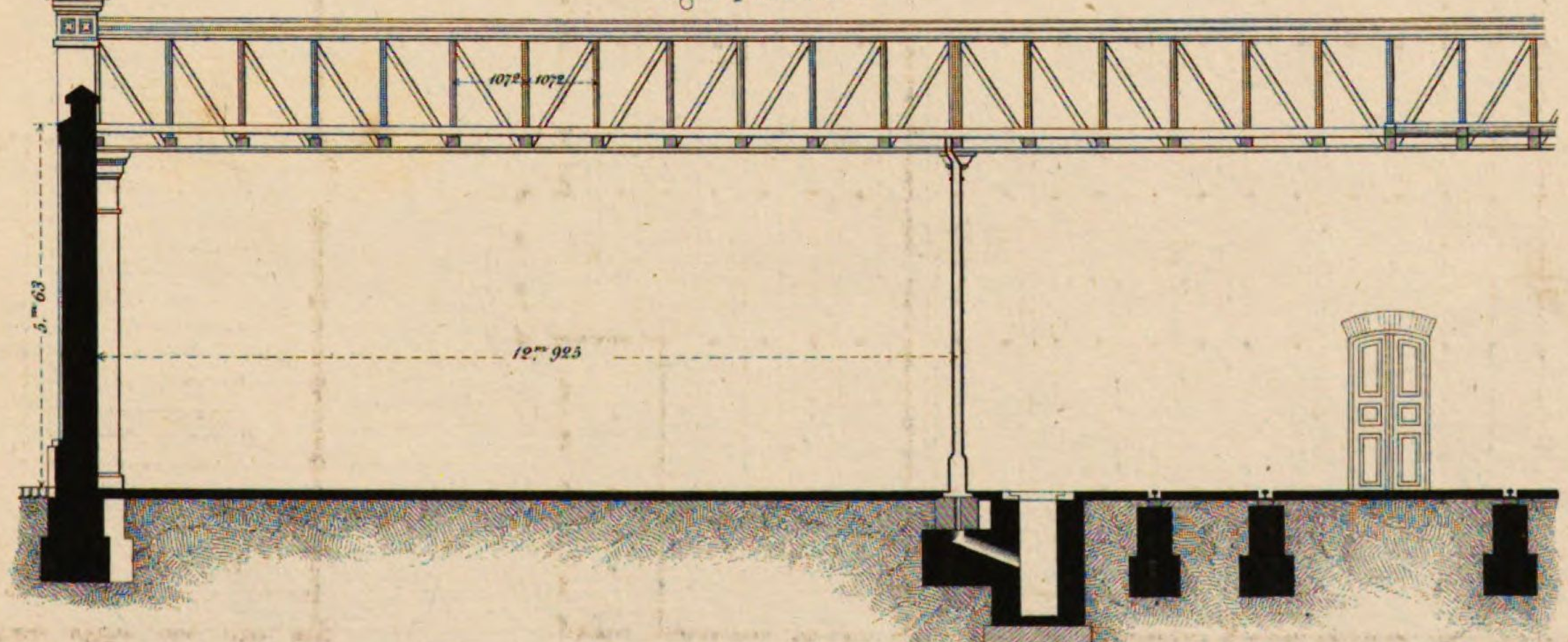


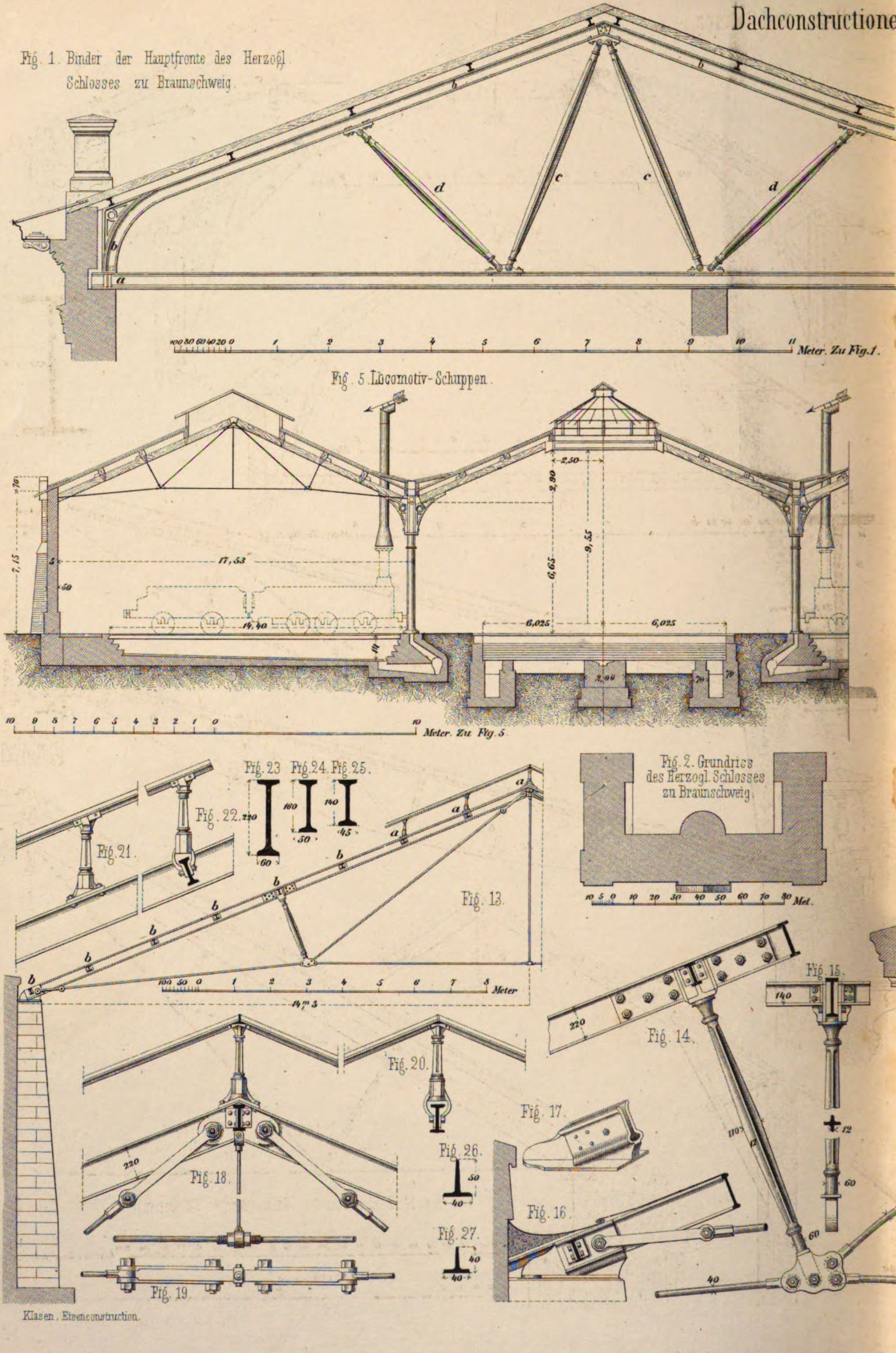
Fig. 10. Dach von der Giesserei der Hubertushütte.

Fig. 7. Querschnitt.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Dachconstructionen



Klasen, Eisenconstruction.

...n aus Holz und Eisen.

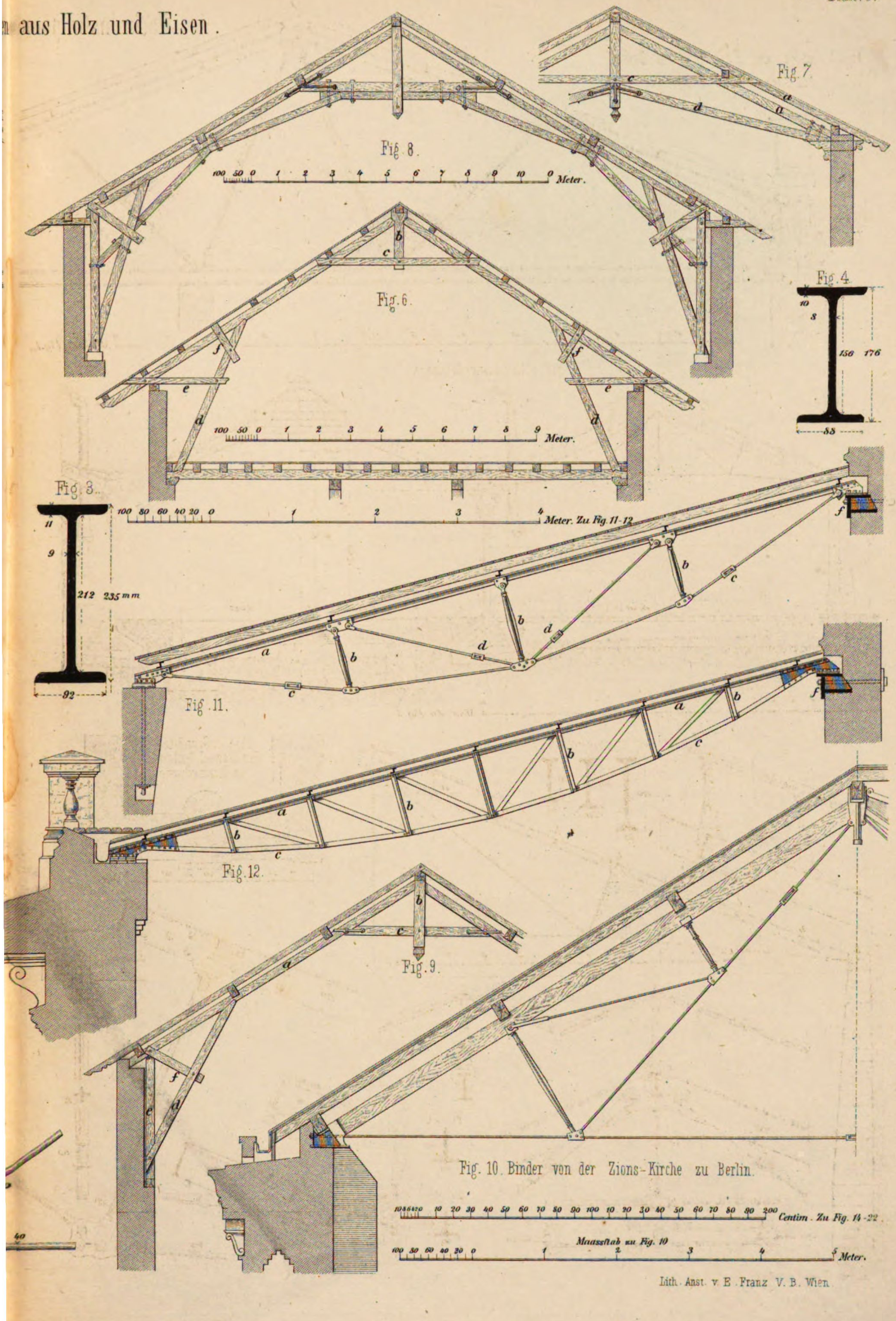


Fig. 10. Binder von der Zions-Kirche zu Berlin.

Lith. Anst. v. E. Franz V. B. Wien.

Dachconstructionen

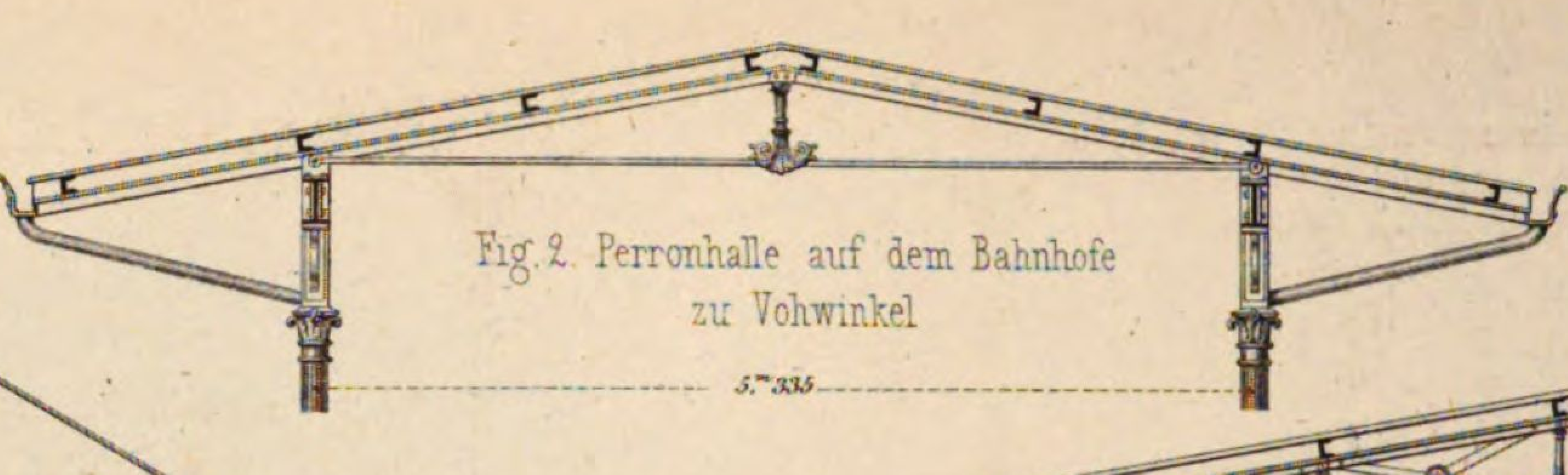
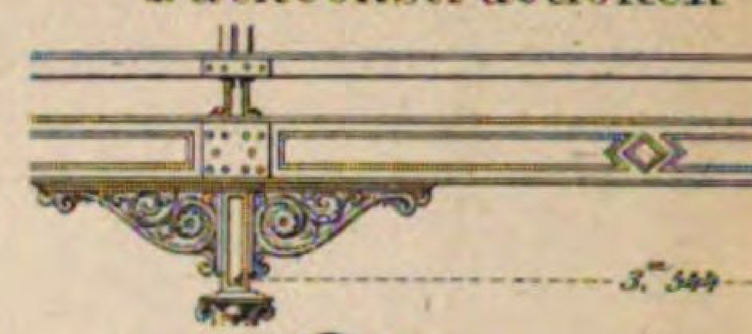


Fig. 2. Perronhalle auf dem Bahnhofe zu Vohwinkel



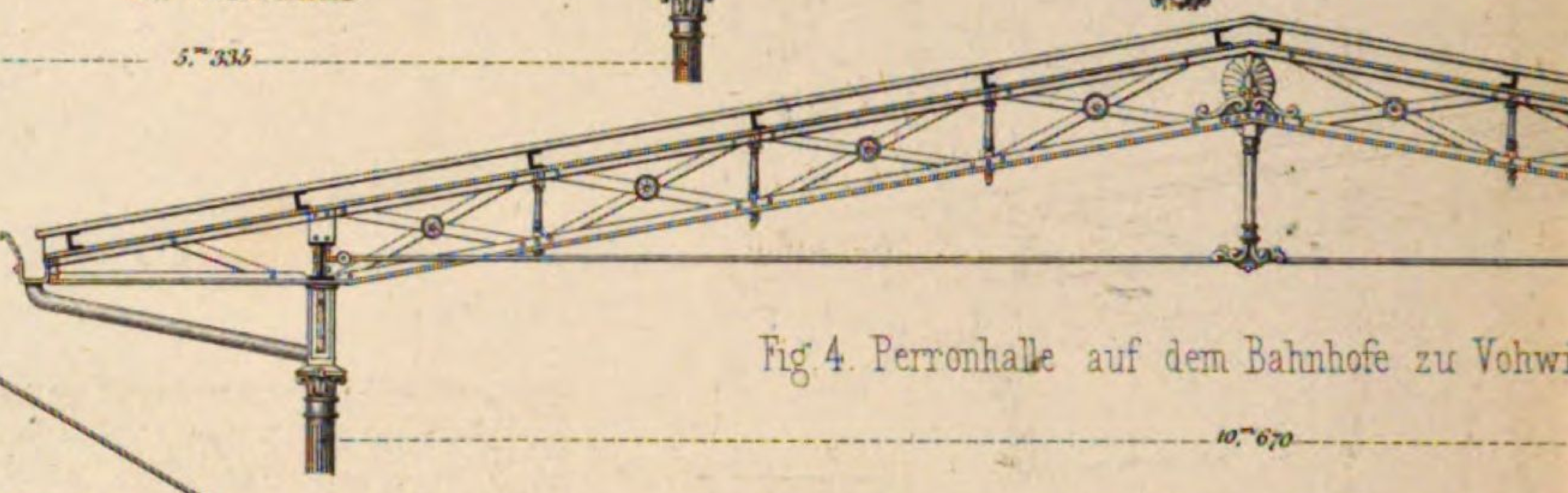


Fig. 4. Perronhalle auf dem Bahnhofe zu Vohwi

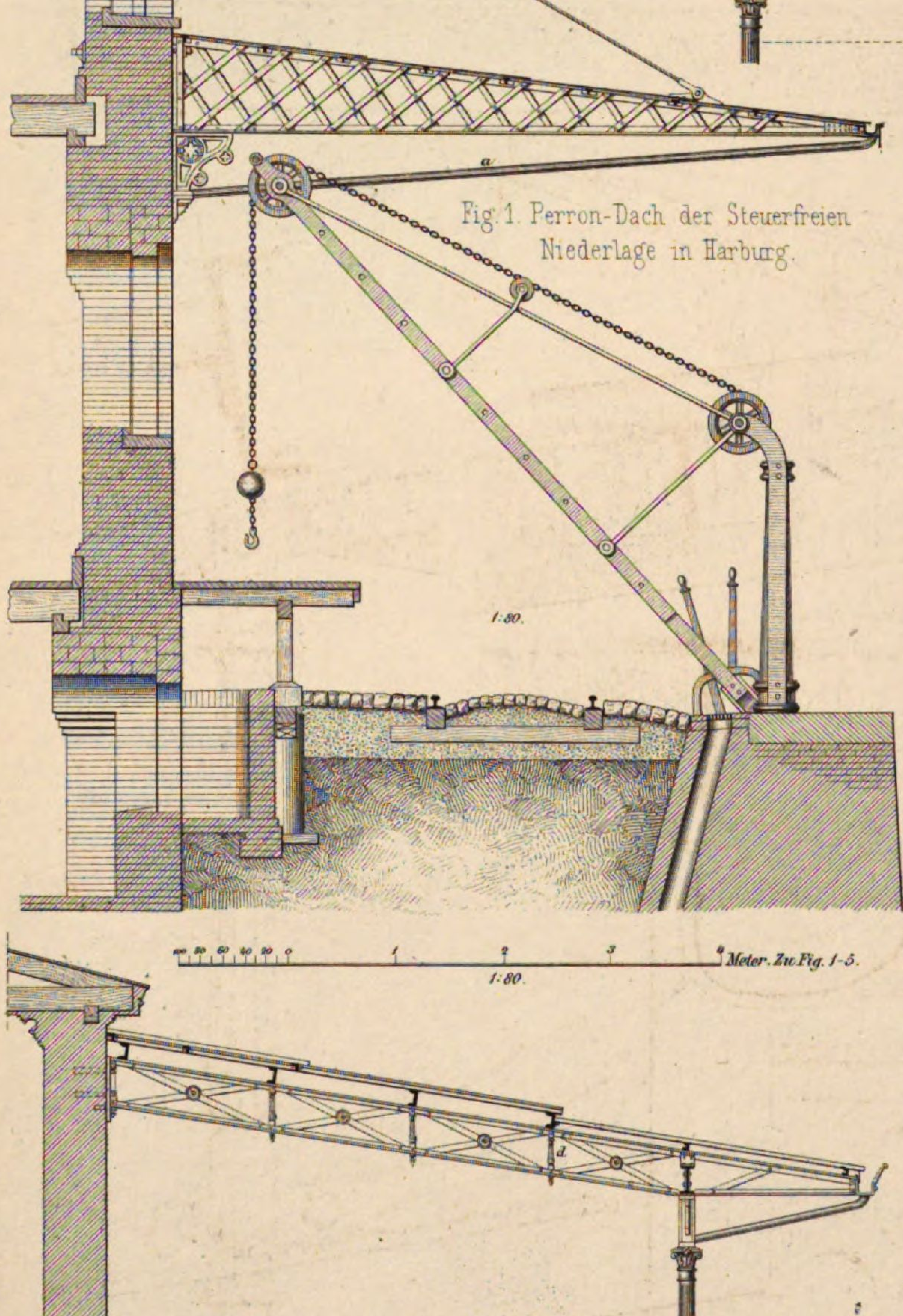


Fig. 1. Perron-Dach der Steuerfreien Niederlage in Harburg.

Dach der Droschken-Halle auf dem C

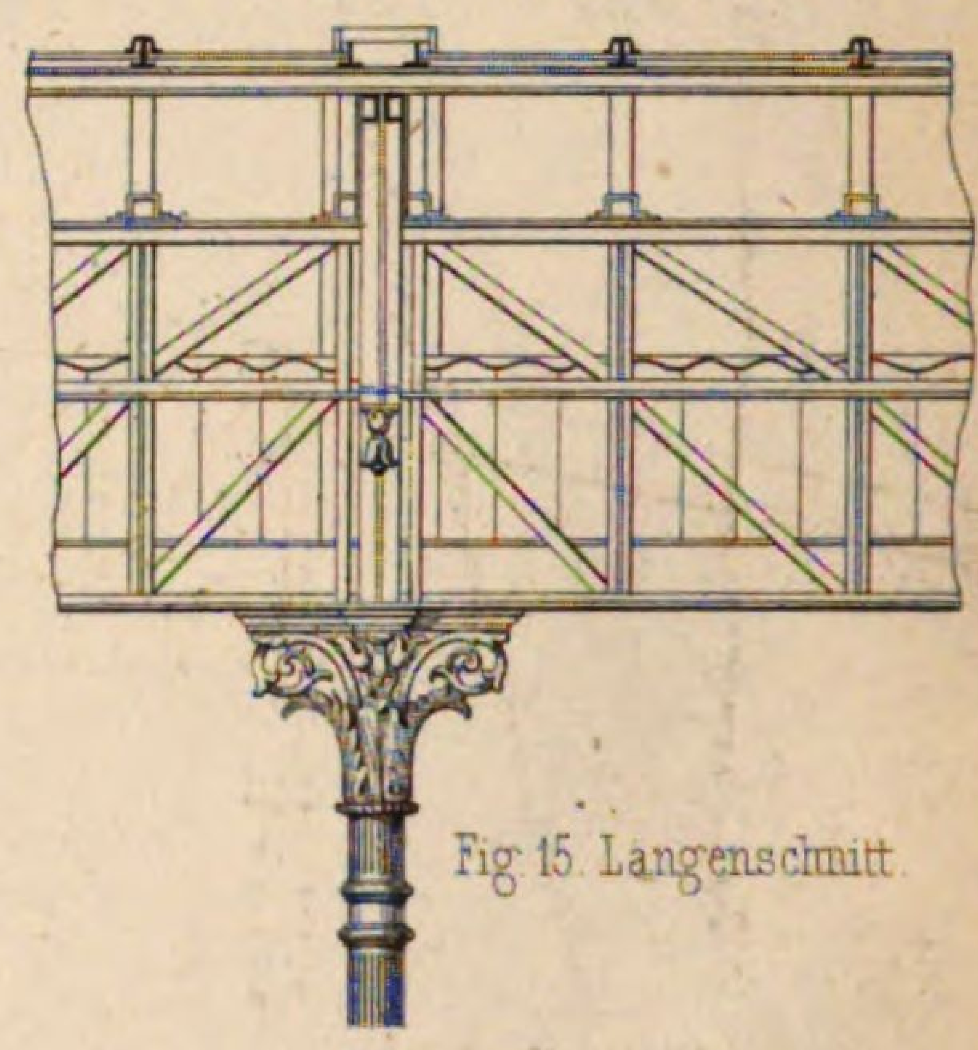


Fig. 15. Langenschnitt.

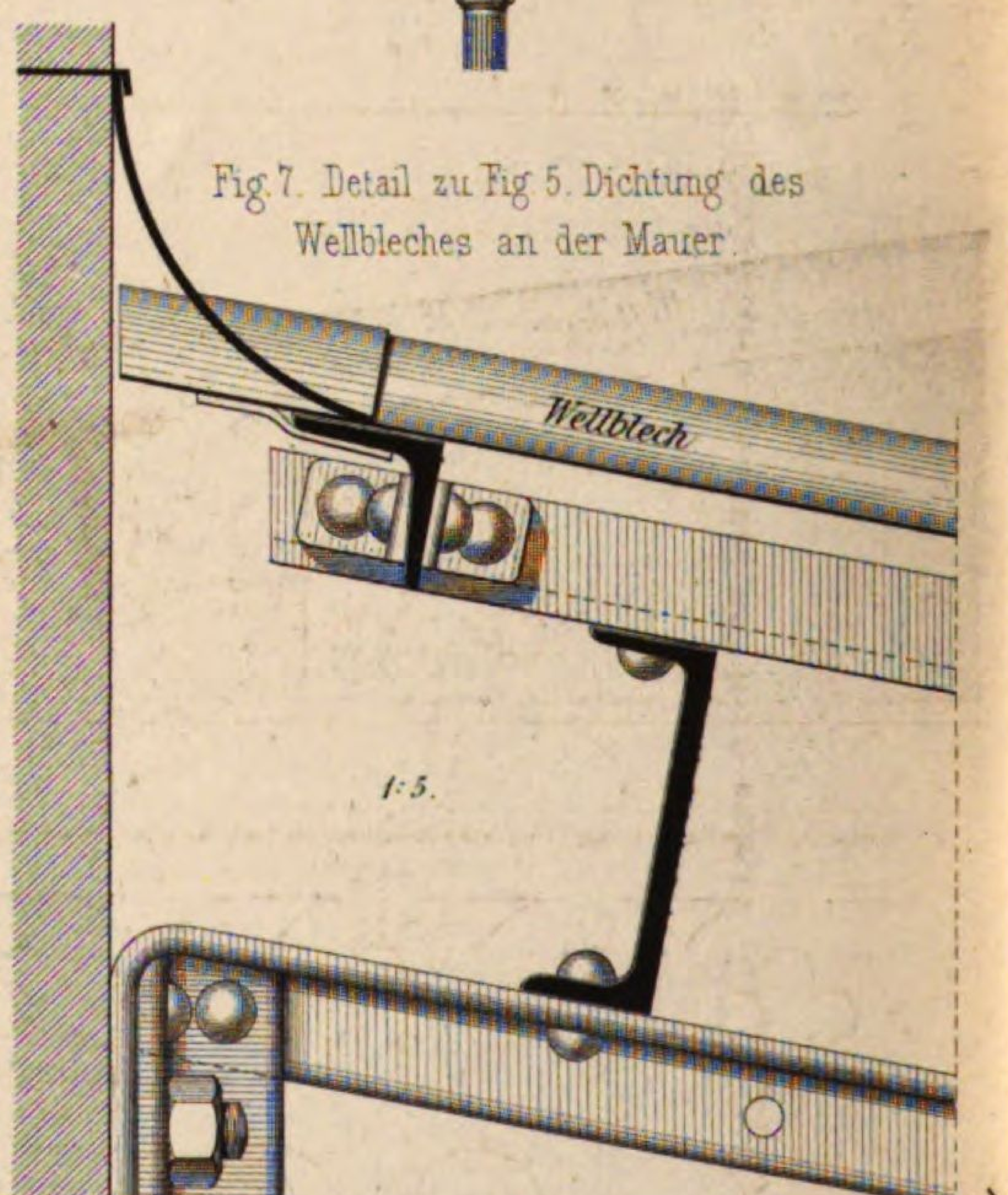


Fig. 7. Detail zu Fig. 5. Dichtung des Wellbleches an der Mauer.

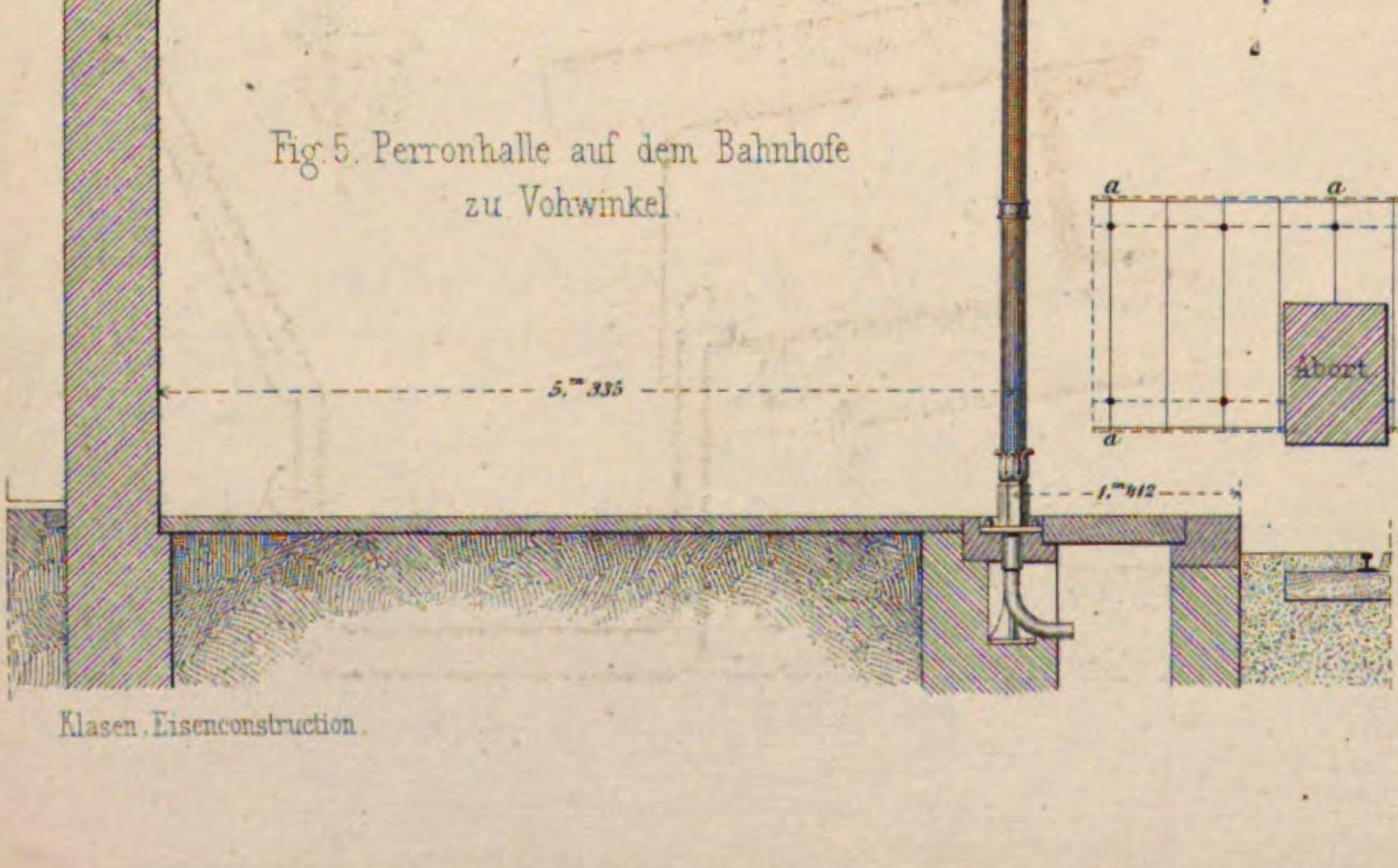
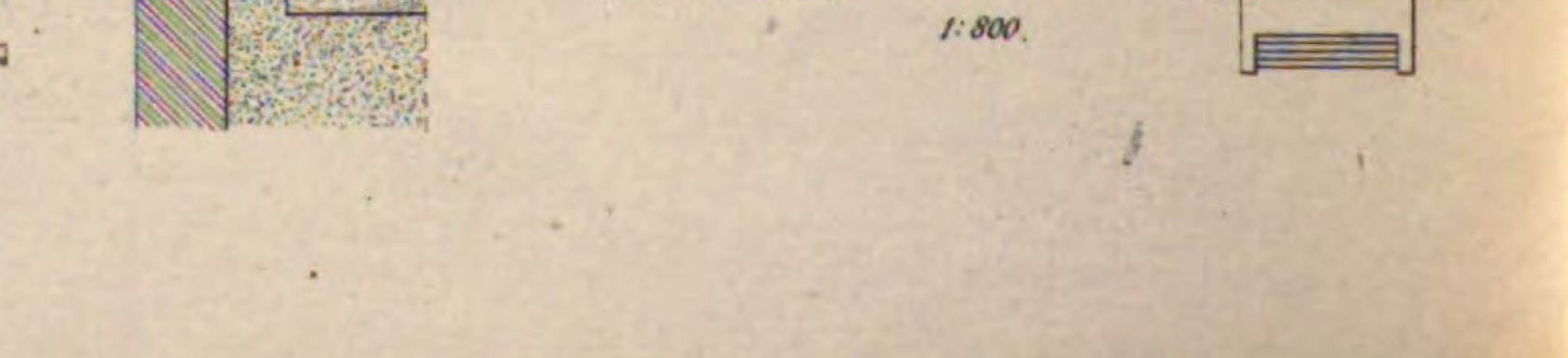


Fig. 5. Perronhalle auf dem Bahnhofe zu Vohwinkel.

Fig. 6. Grundriss der Perronhallen auf dem Bahnh



Klasen, Eisenconstruction.

…aus Schmiedeeisen.

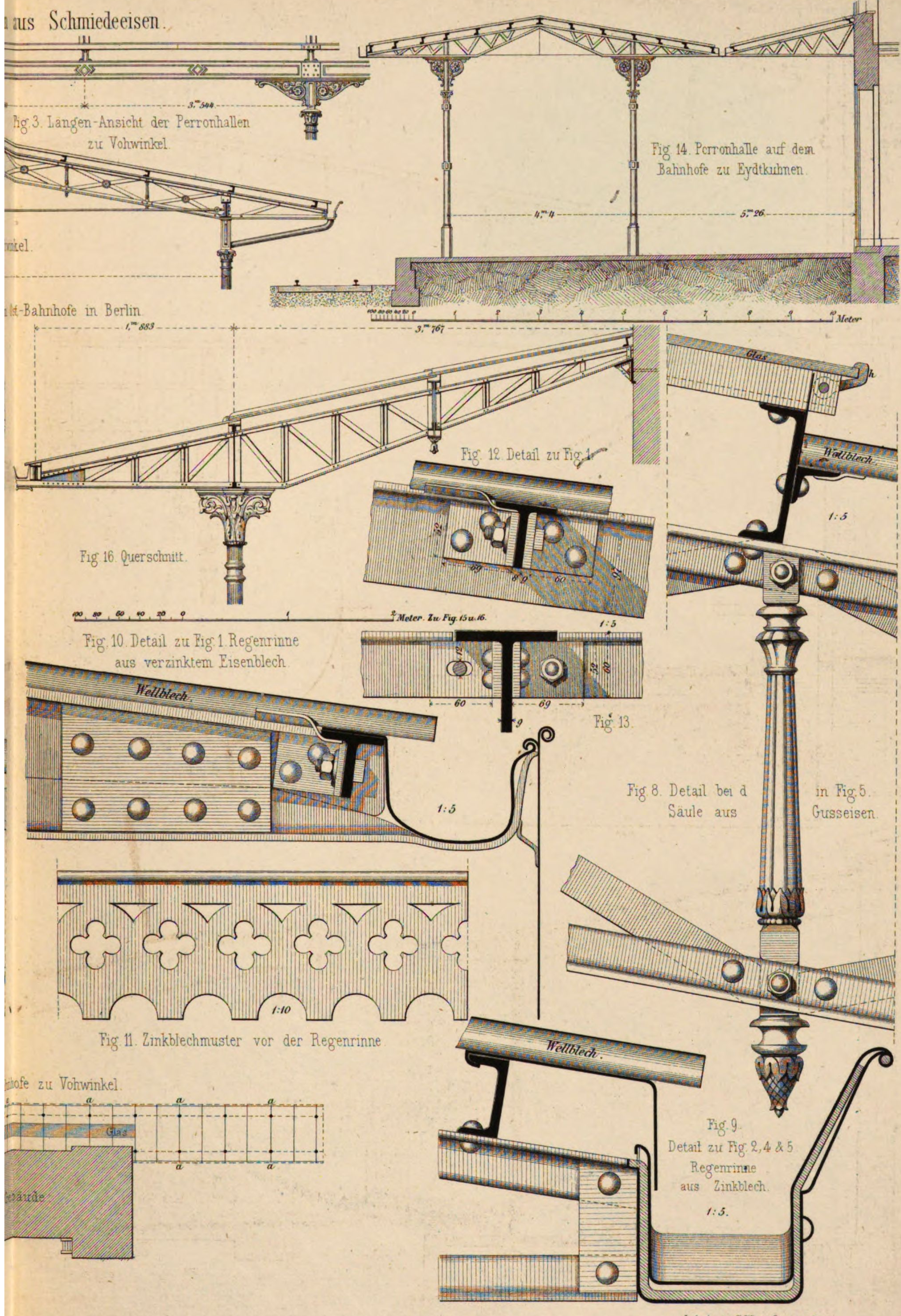


Fig. 3. Langen-Ansicht der Perronhallen zu Vohwinkel.

…winkel.

Fig. 14. Perronhalle auf dem Bahnhofe zu Eydtkuhnen.

…st-Bahnhofe in Berlin.

Fig. 12. Detail zu Fig. 1.

Fig. 16. Querschnitt.

Fig. 10. Detail zu Fig. 1. Regenrinne aus verzinktem Eisenblech.

Fig. 13.

Fig. 8. Detail bei d in Fig. 5. Säule aus Gusseisen.

Fig. 11. Zinkblechmuster vor der Regenrinne.

…hofe zu Vohwinkel.

Fig. 9. Detail zu Fig. 2, 4 & 5 Regenrinne aus Zinkblech. 1:5.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Dachconstructionen

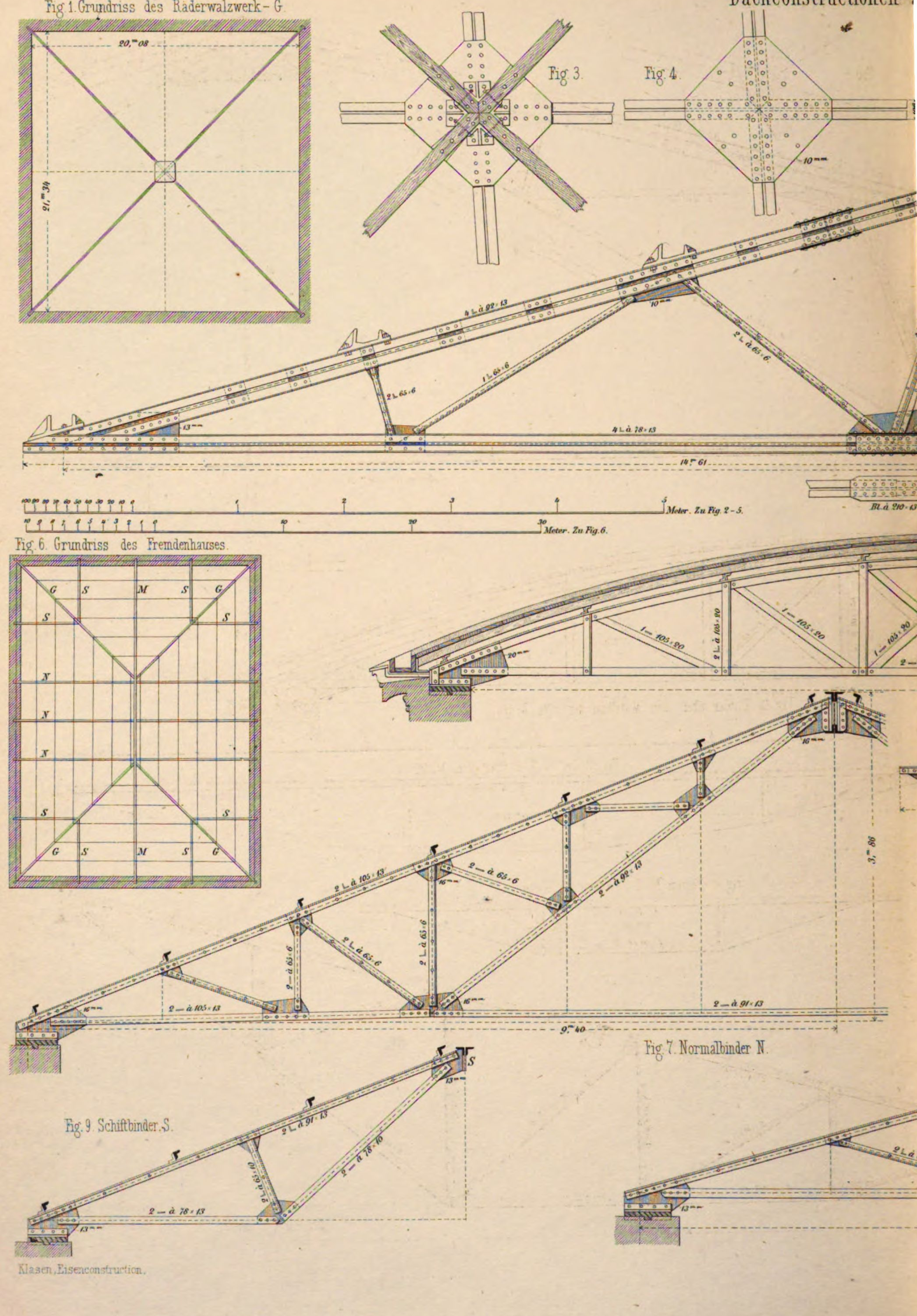


Fig. 5.

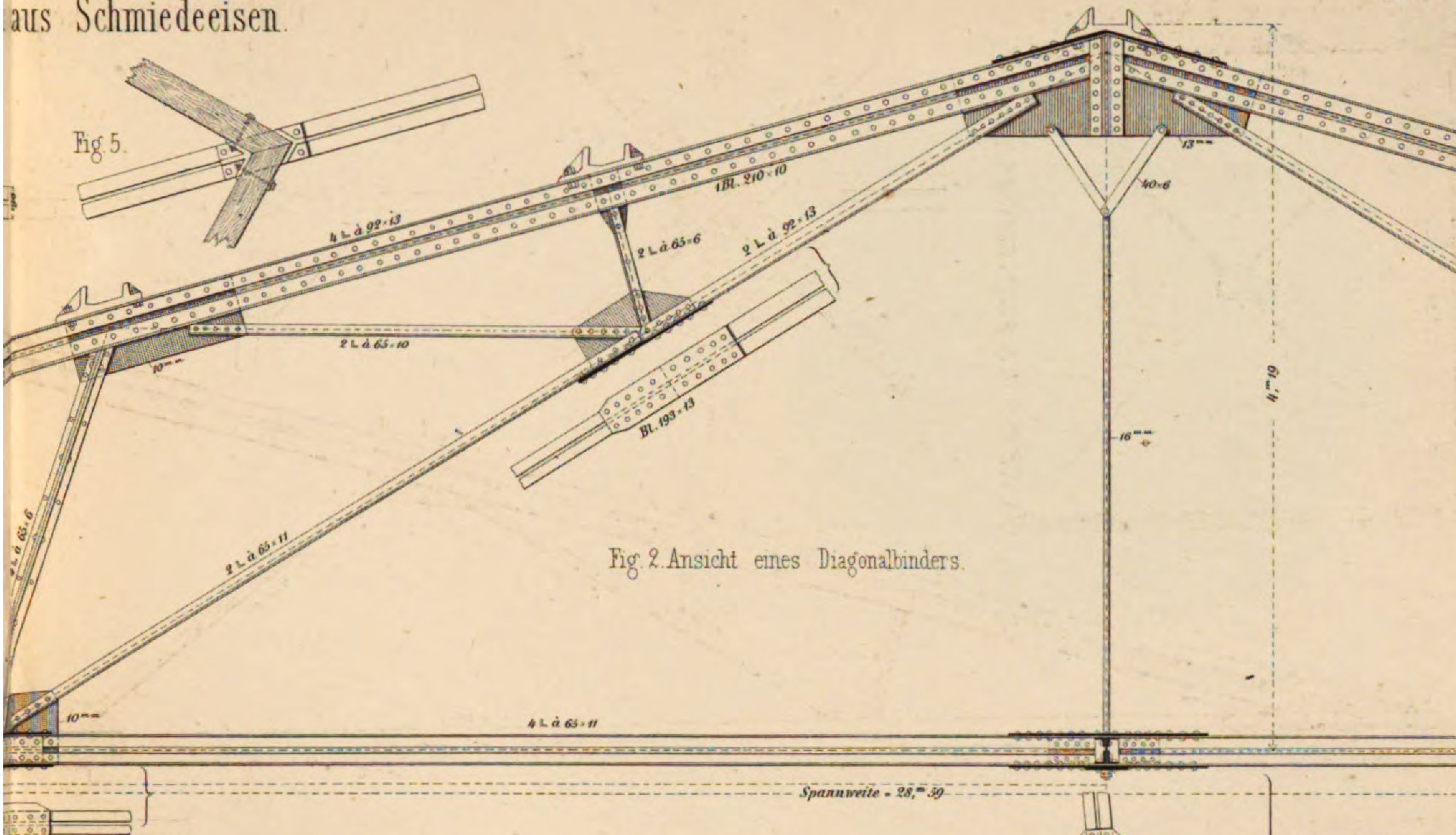


Fig. 2. Ansicht eines Diagonalbinders.

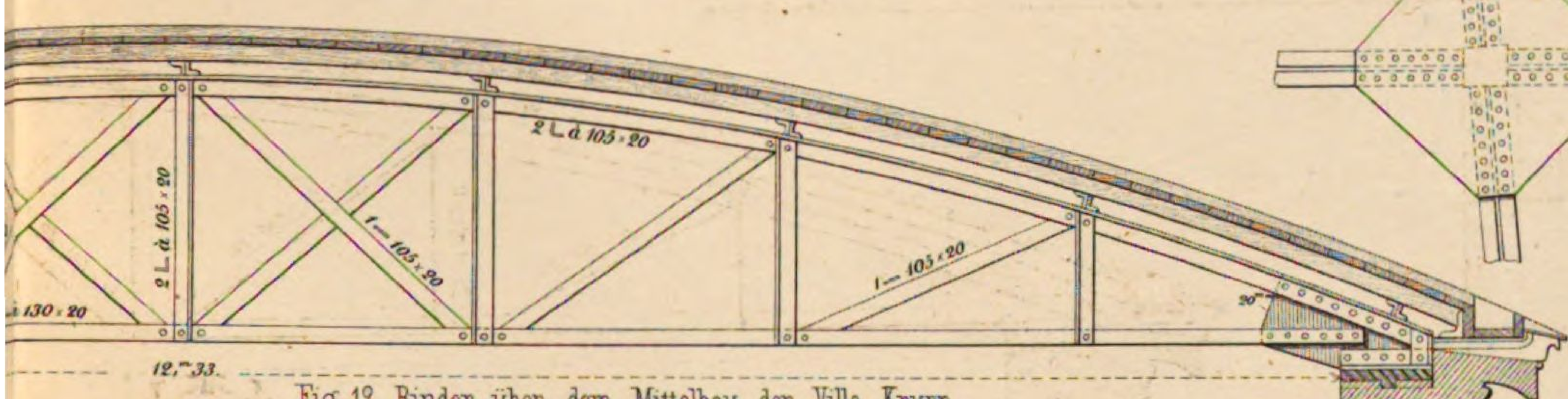


Fig. 12. Binder über dem Mittelbau der Villa Krupp.



Fig. 11. Fetten № I. über dem Mittelbau.

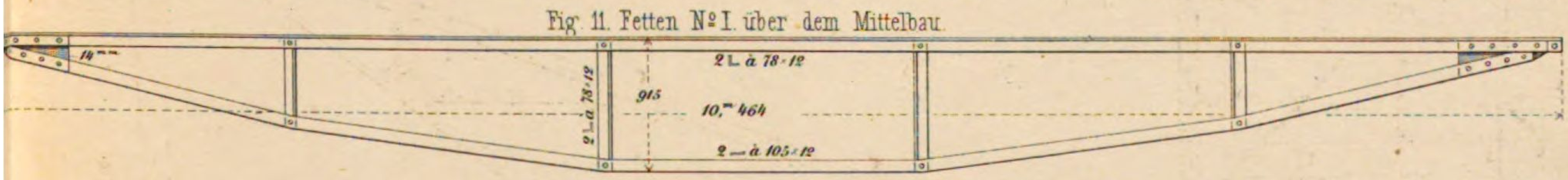


Fig. 10. Fetten № II. über dem Mittelbau.

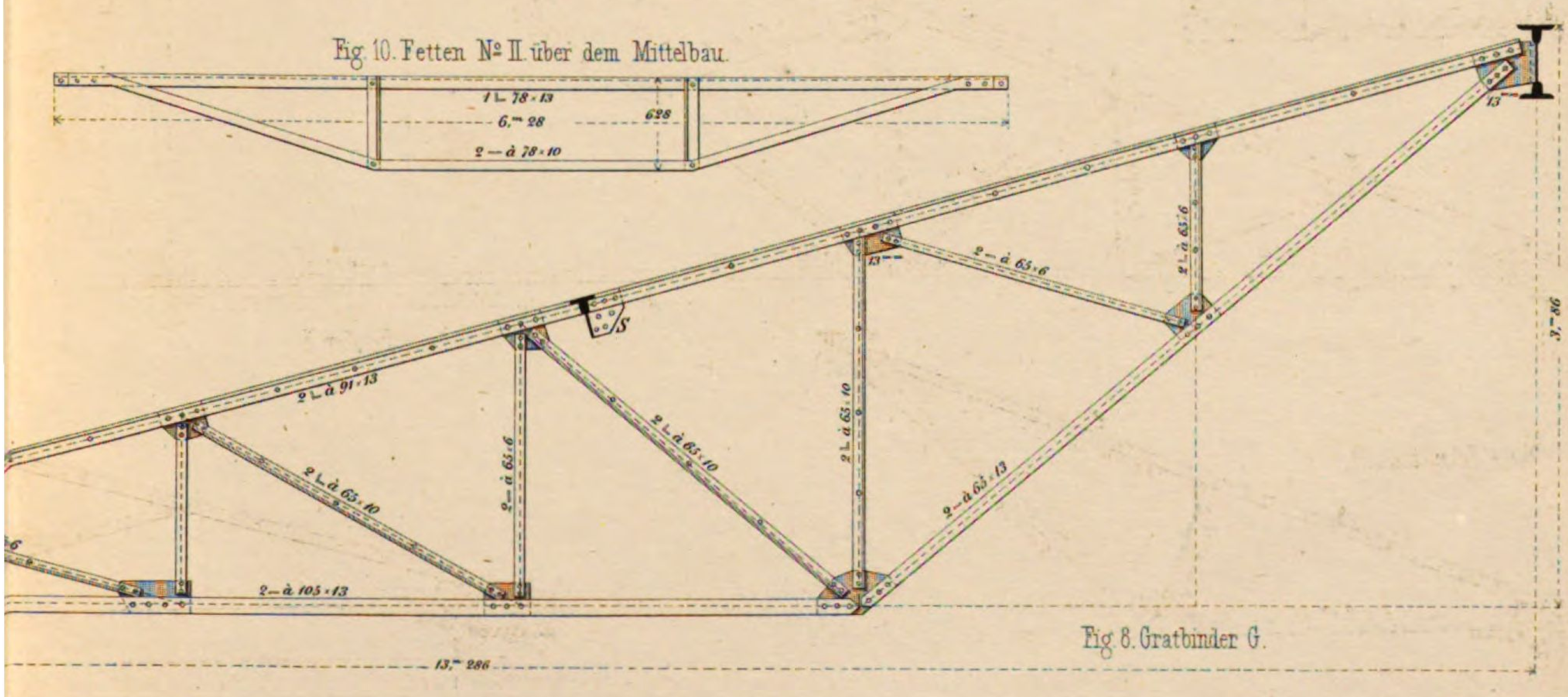


Fig. 8. Gratbinder G.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

Dachconstructionen

Fig. 1. Güterschuppen in Berlin v. d. Potsdam-Magdeb.-Eisenb.

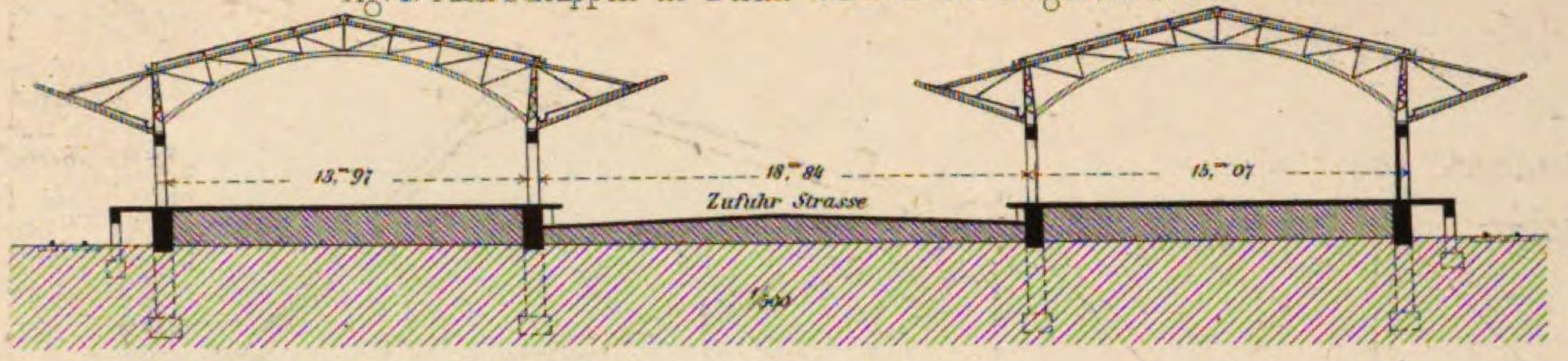


Fig. 3. Grundriss der Fetten & Diagonalen.

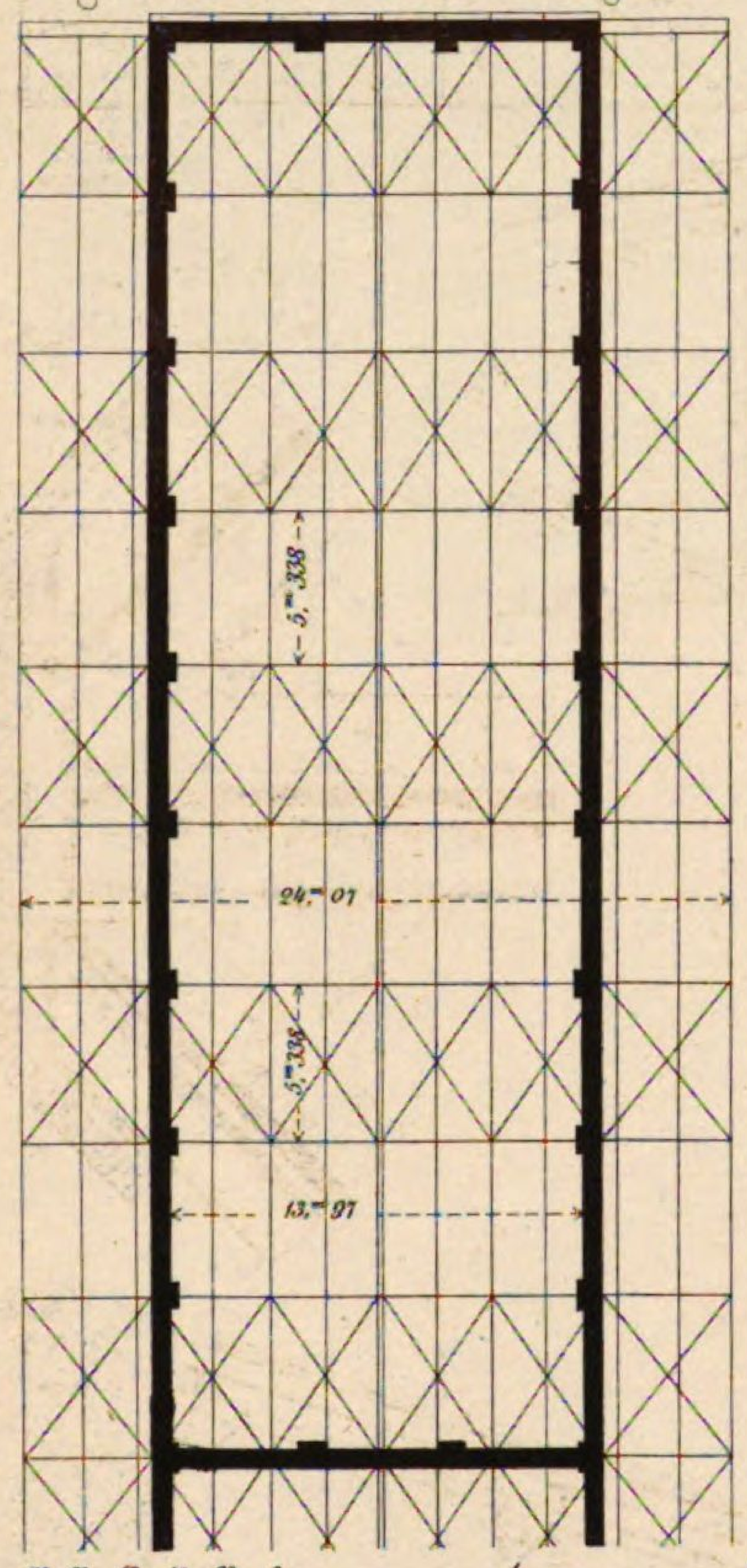
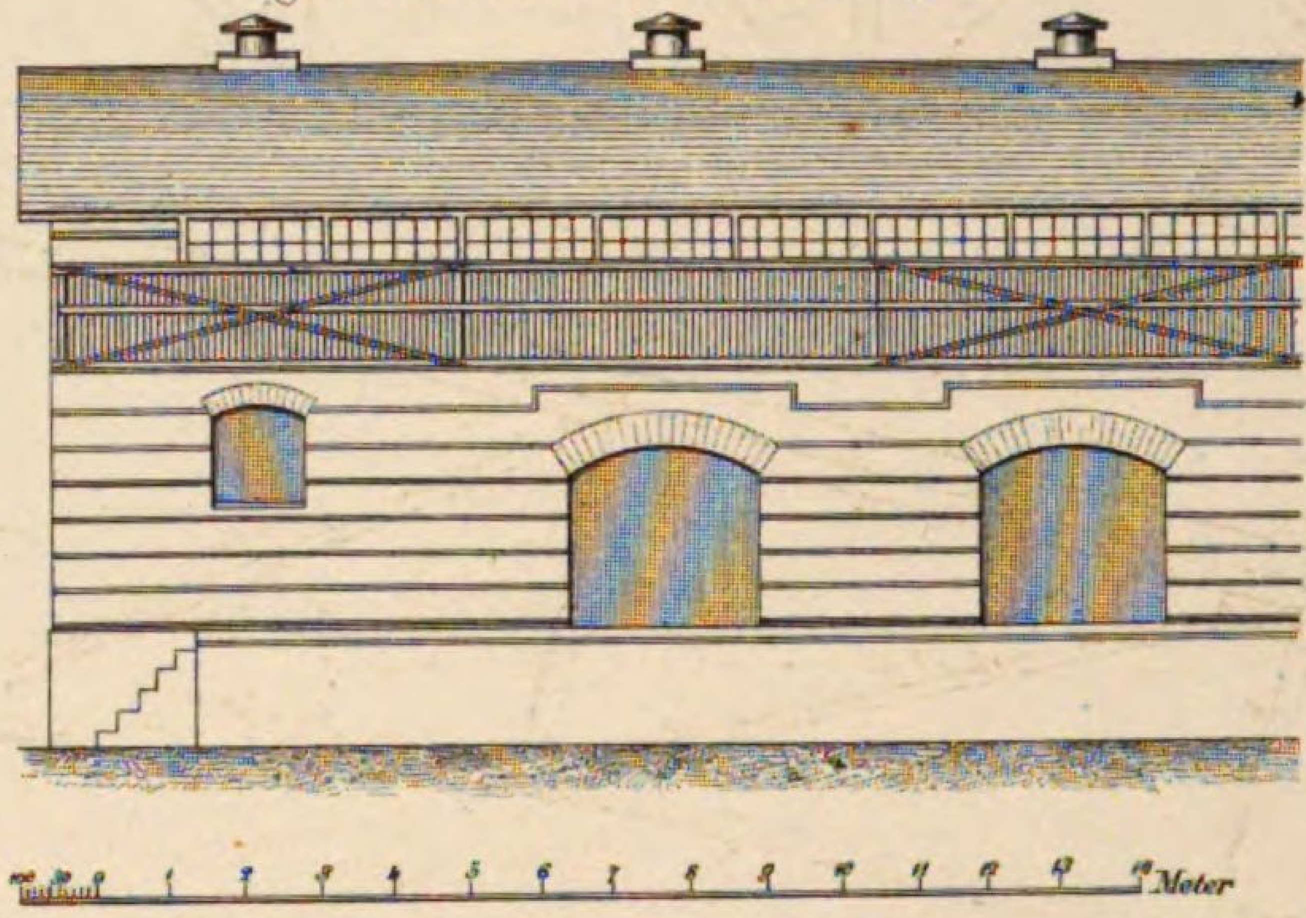
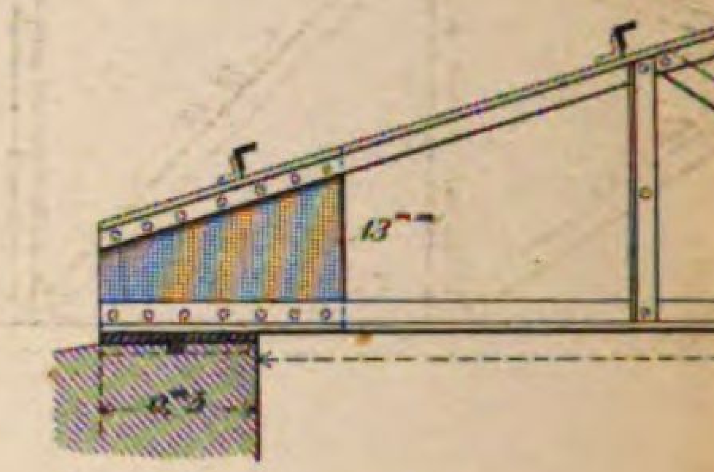


Fig. 2. Ansicht des Güterschuppens.





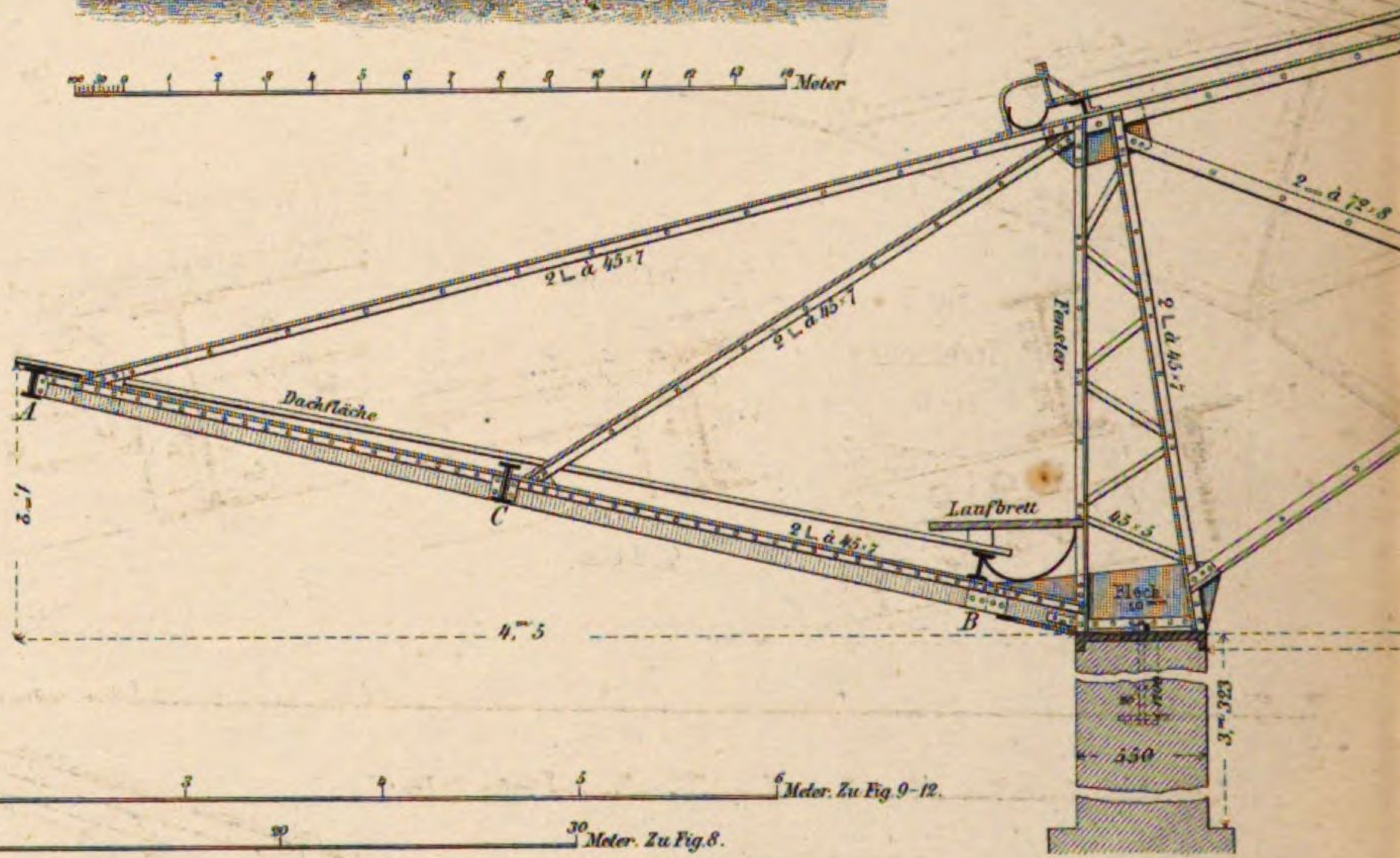


Fig. 8. Grundriss des Daches vom Hauptgebäude der Villa Krupp.

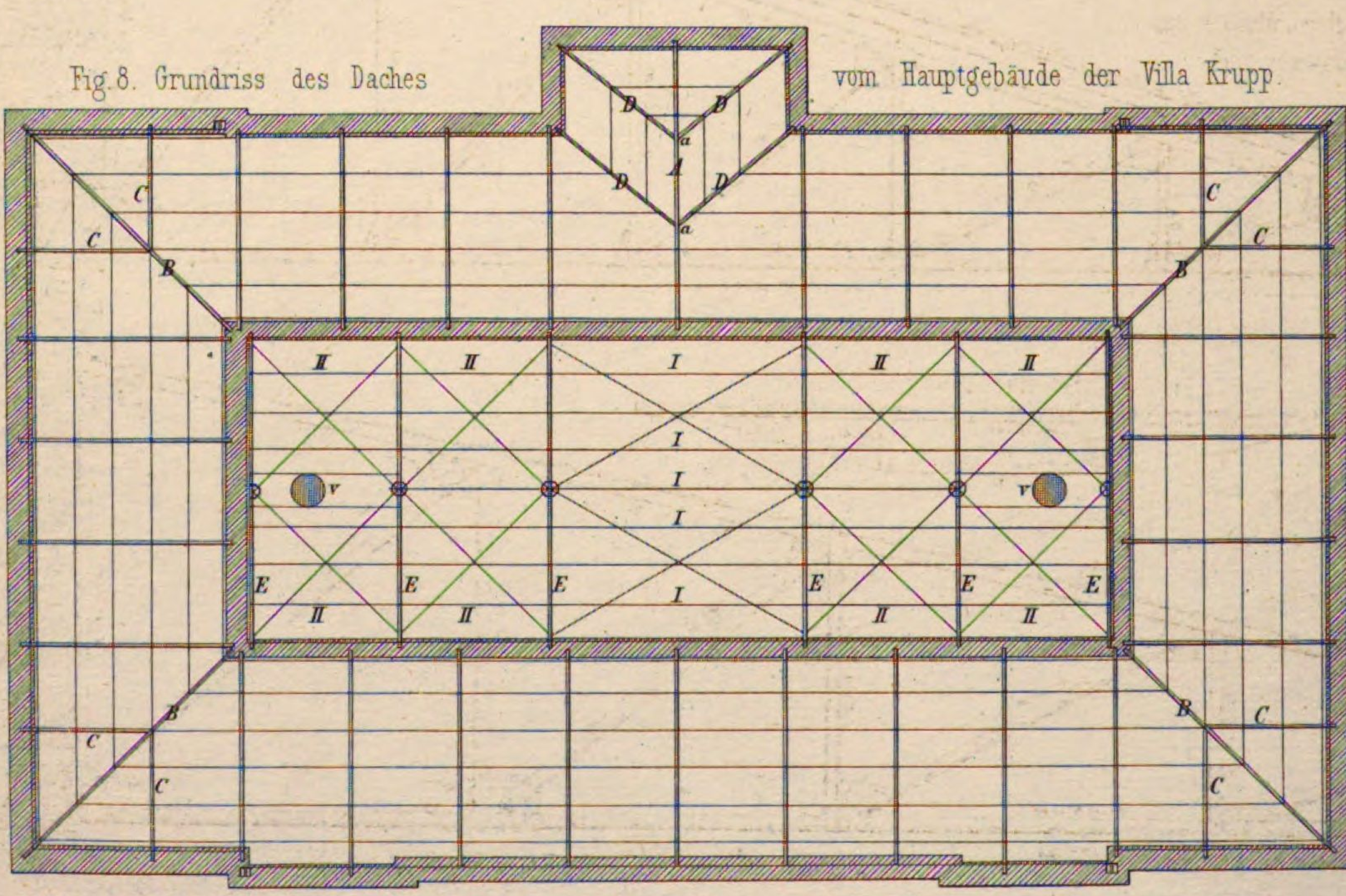
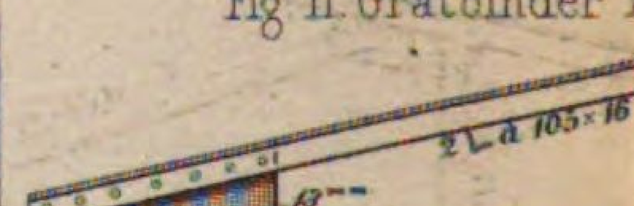




Fig. 11. Gratbinder



Klasen, Eisenconstruction

Fig. 9. Mittelbinder des Risalites.

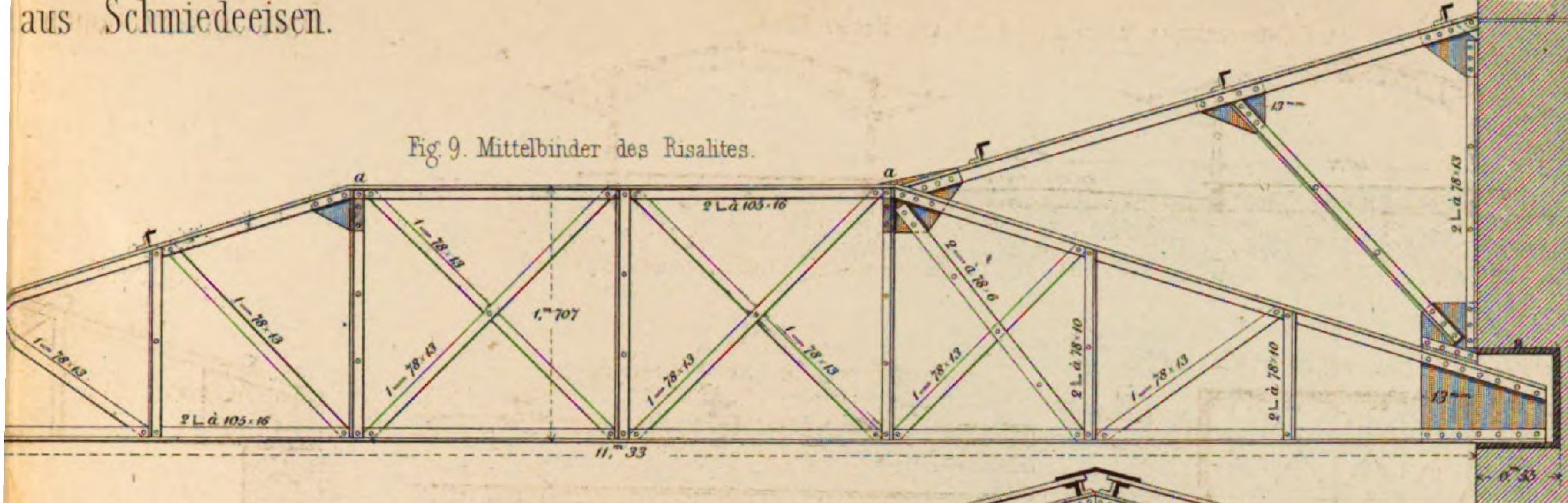


Fig. 4. Binder des Güterschuppens.

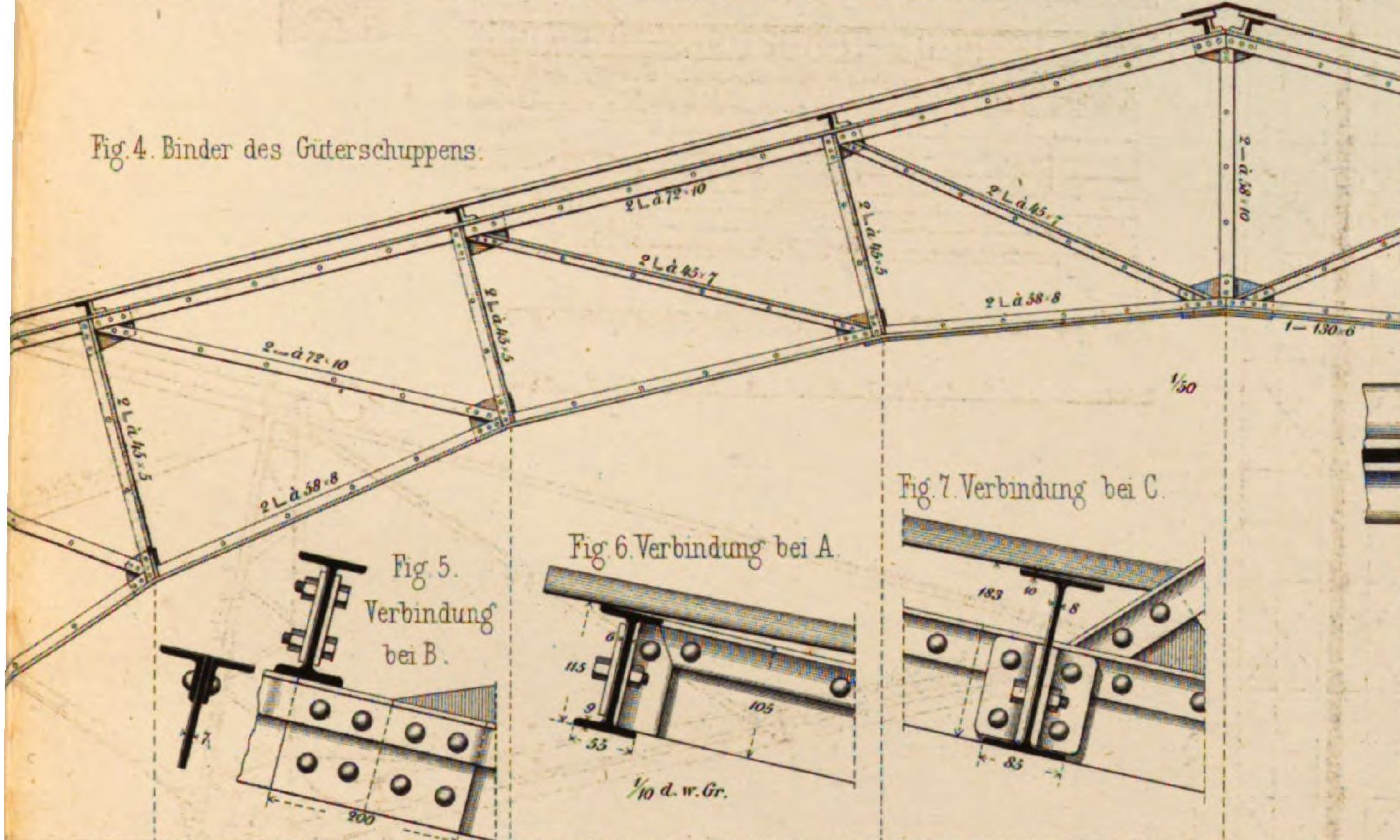
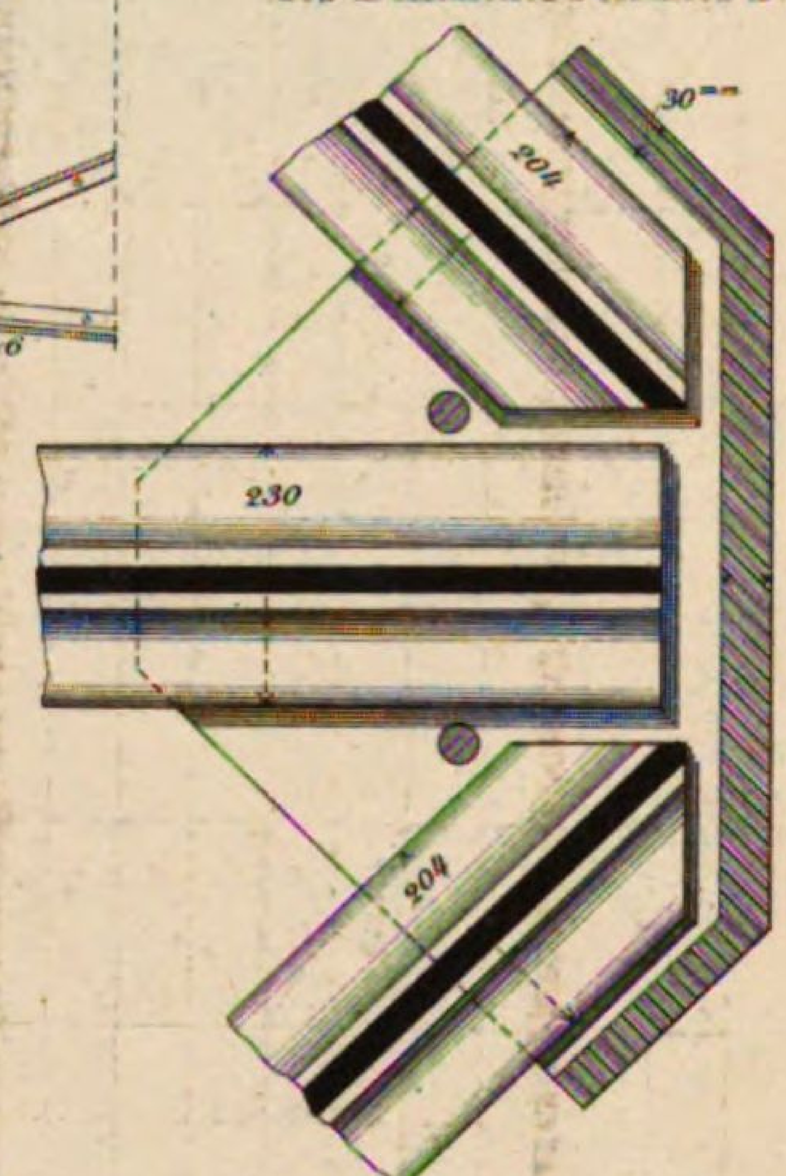


Fig. 5. Verbindung bei B.

Fig. 6. Verbindung bei A.

Fig. 7. Verbindung bei C.

Fig. 13. Grundriss des Eckbinderschuhes S.



Meter. Zu Fig. 4.

Centim. Zu Fig. 13.

Fig. 10. Normalbinder des äusseren Daches.

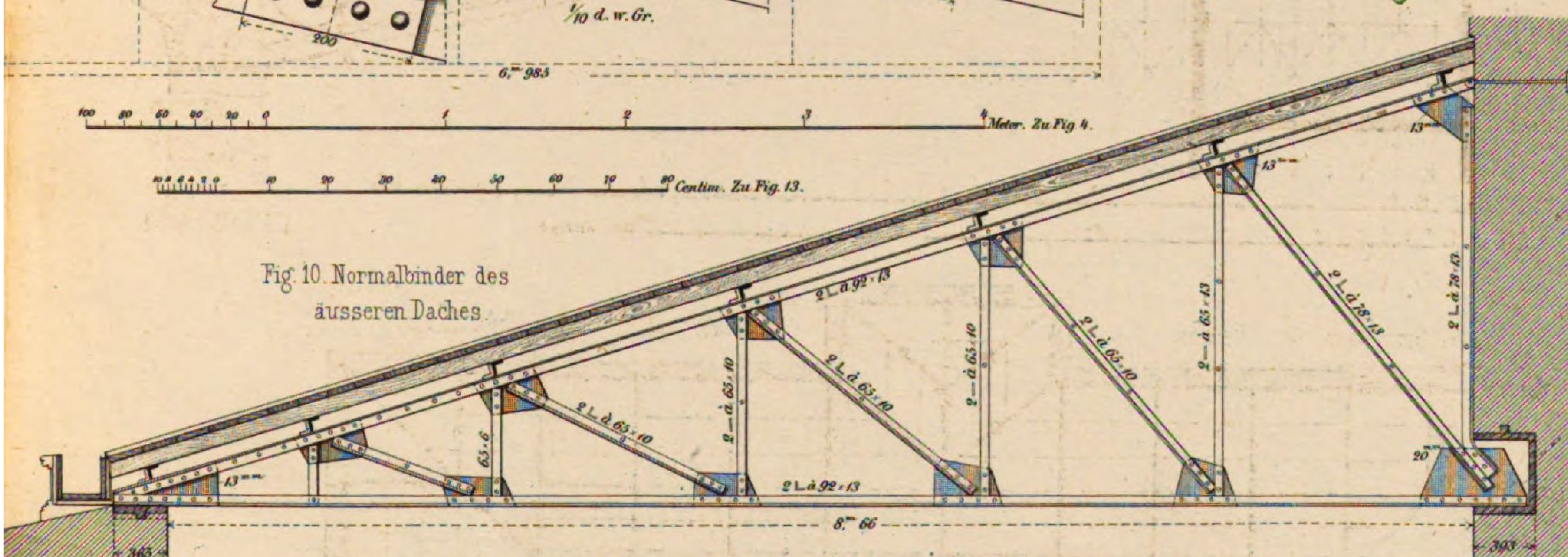
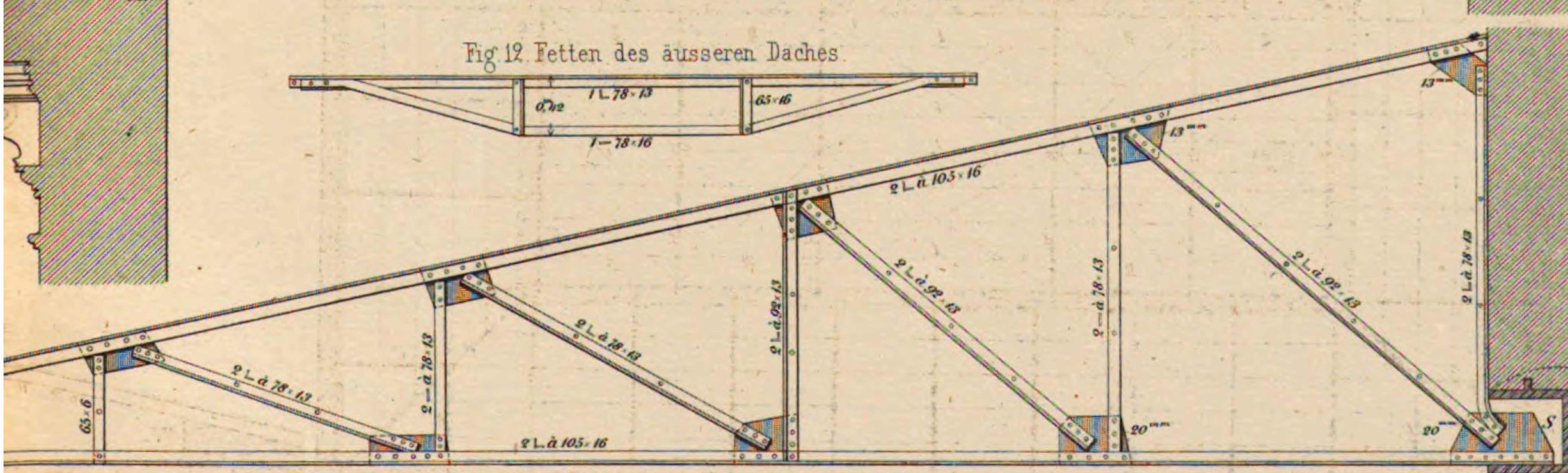


Fig. 12. Fetten des äusseren Daches.



Dachconstructionen a


Fig. 1 Binder für das Retortenhaus der Gas Anstalt am Hellweg in Berlin. Erf. v. Schwedler

Fig. 2. Knotenpunkt bei a

Fig. 3. Knotenpunkt bei b.

Fig. 4. Knotenpunkt bei c

Fig. 5. Knotenpunkt d.

Fig. 6. Auflager bei e.

Fig. 7 Kuppelung bei f.

Fig. 8. Binder über dem Retortenhaus der Jmperial-Continental-Gas Association zu

Fig. 9. Auflager bei m. Zu Fig. 8.

Fig. 11. Knotenpunkt bei h.

Fig. 12. Verbindung der Fetten u. Streben.

Fig. 13. Stoss der Fetten

Fig. 19. Bi


Fig. 18. Querschnitt der Stützen D u. E.

Fig. 17. Knotenpunkt zu Fig. 14 bei C.

Fig. 14. Binder über einem Retortenhause der Imperial-Centinental-Gas-Associatten zu Berlin. Erf. v. J. W. Schwedler.

Fig. 16. Auflager zu Fig. 14. bei B.

…inder über dem Ofengebäude der Kaiserl. Porzellan Manufactur zu Berlin.

Fig. 10. Verbindung bei k. Zu Fig. 8.

…Berlin. Erf. v. Schwedler.

Fig. 15. Knotenpunkt bei A. Zu Fig 14

Lith. Anst. v. E. Franz V.B. Wien.

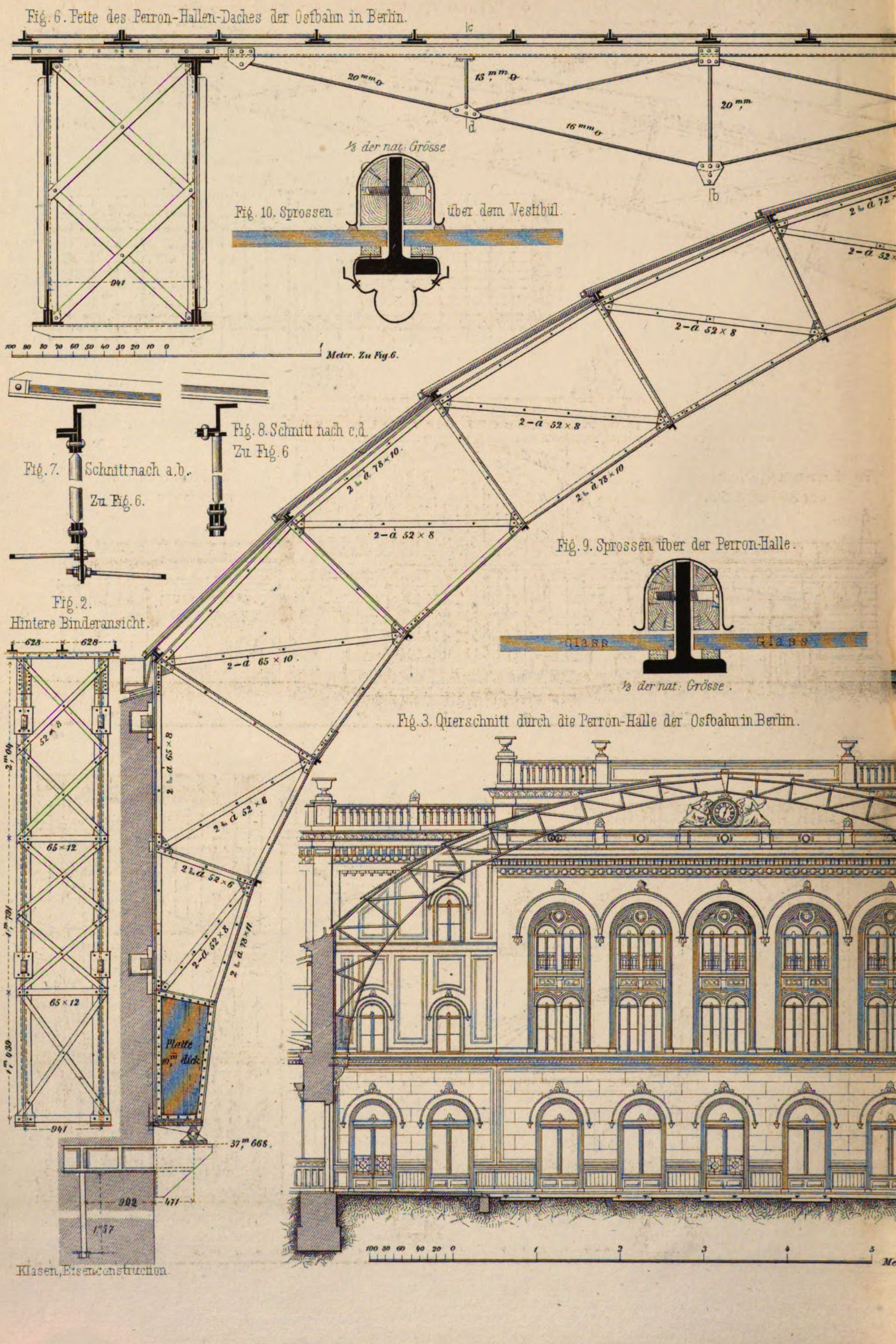


Fig. 6. Fette des Perron-Hallen-Daches der Ostbahn in Berlin.

Fig. 10. Sprossen über dem Vestibül.

Fig. 7. Schnitt nach a. b. Zu Fig. 6.

Fig. 8. Schnitt nach c, d. Zu Fig. 6

Fig. 2. Hintere Binderansicht.

Fig. 9. Sprossen über der Perron-Halle.

Fig. 3. Querschnitt durch die Perron-Halle der Ostbahn in Berlin.

Fig. 1. Binder des Hallendaches der Ostbahn in Berlin.

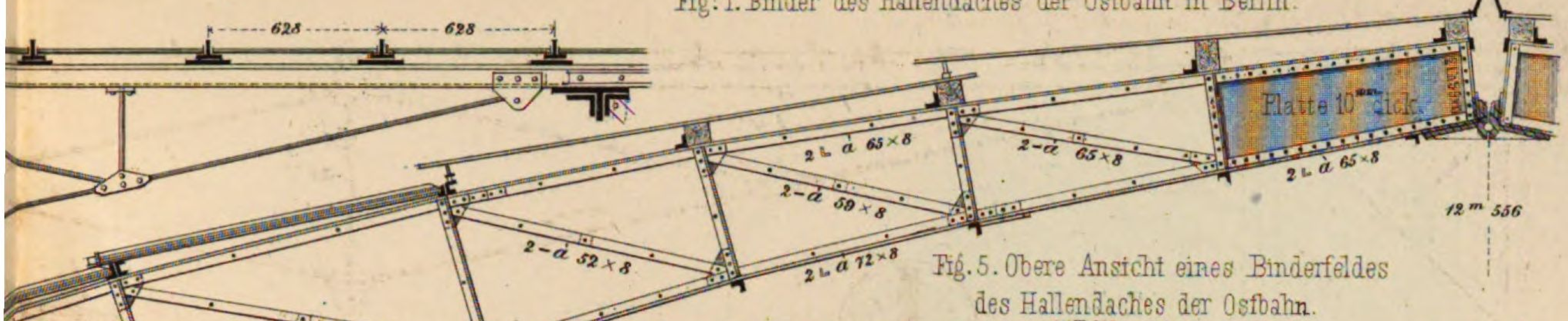


Fig. 5. Obere Ansicht eines Binderfeldes des Hallendaches der Ostbahn.

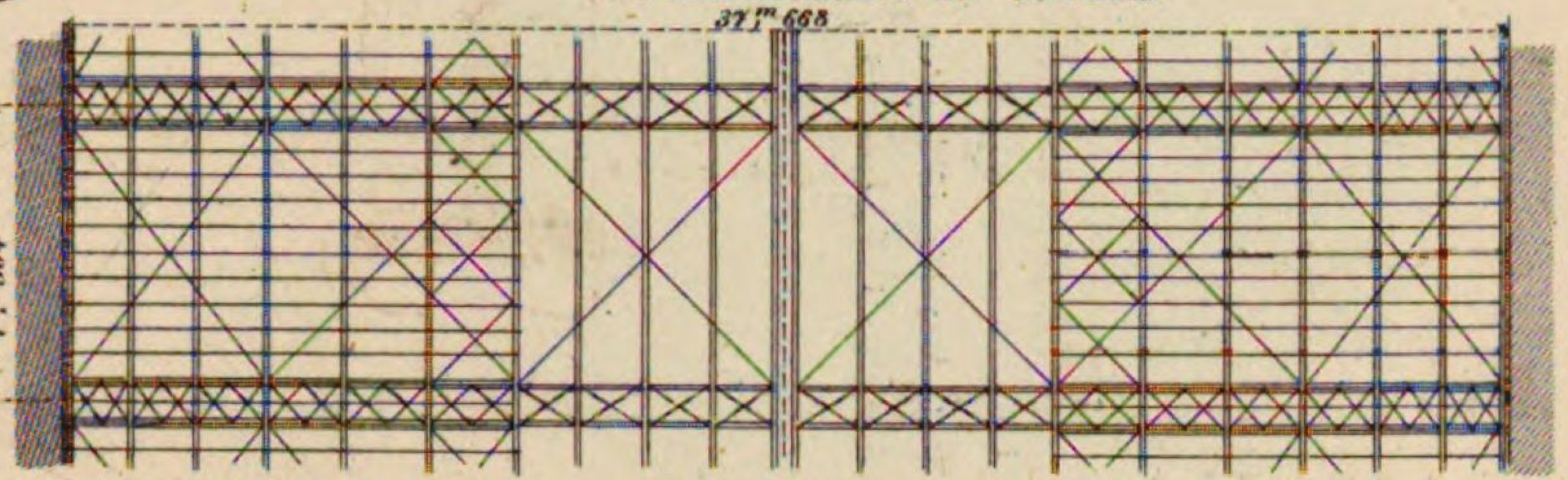
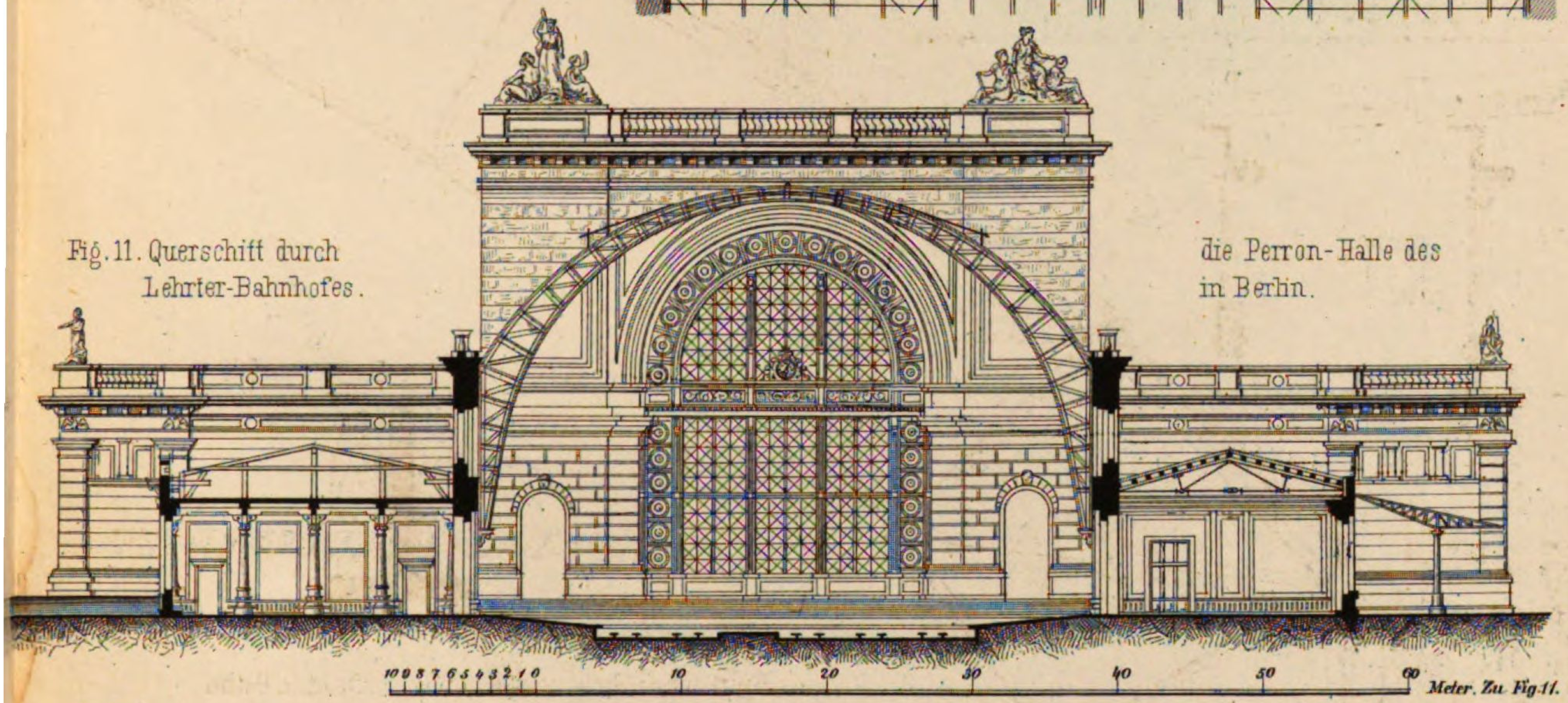
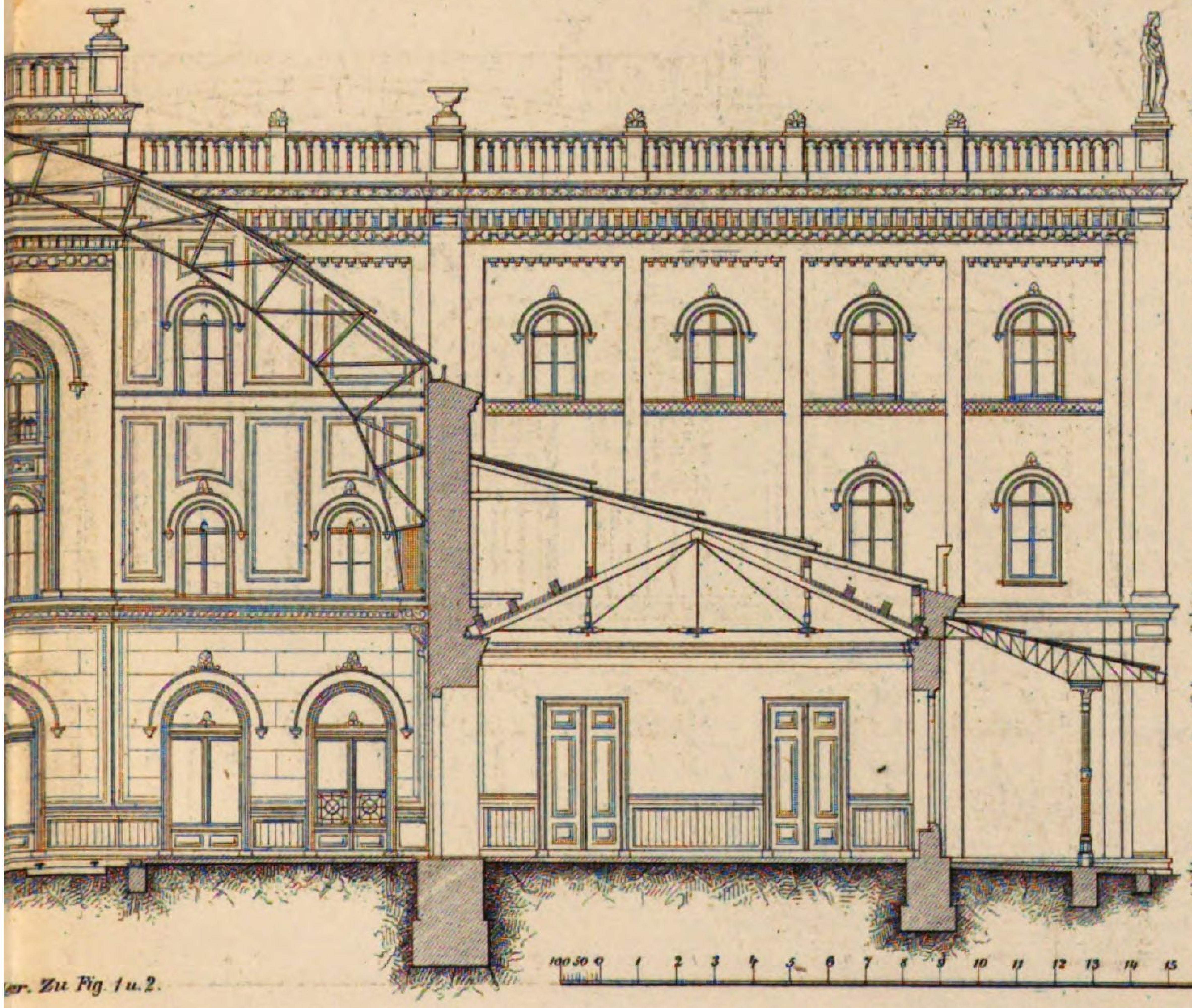


Fig. 11. Querschitt durch die Perron-Halle des Lehrter-Bahnhofes in Berlin.





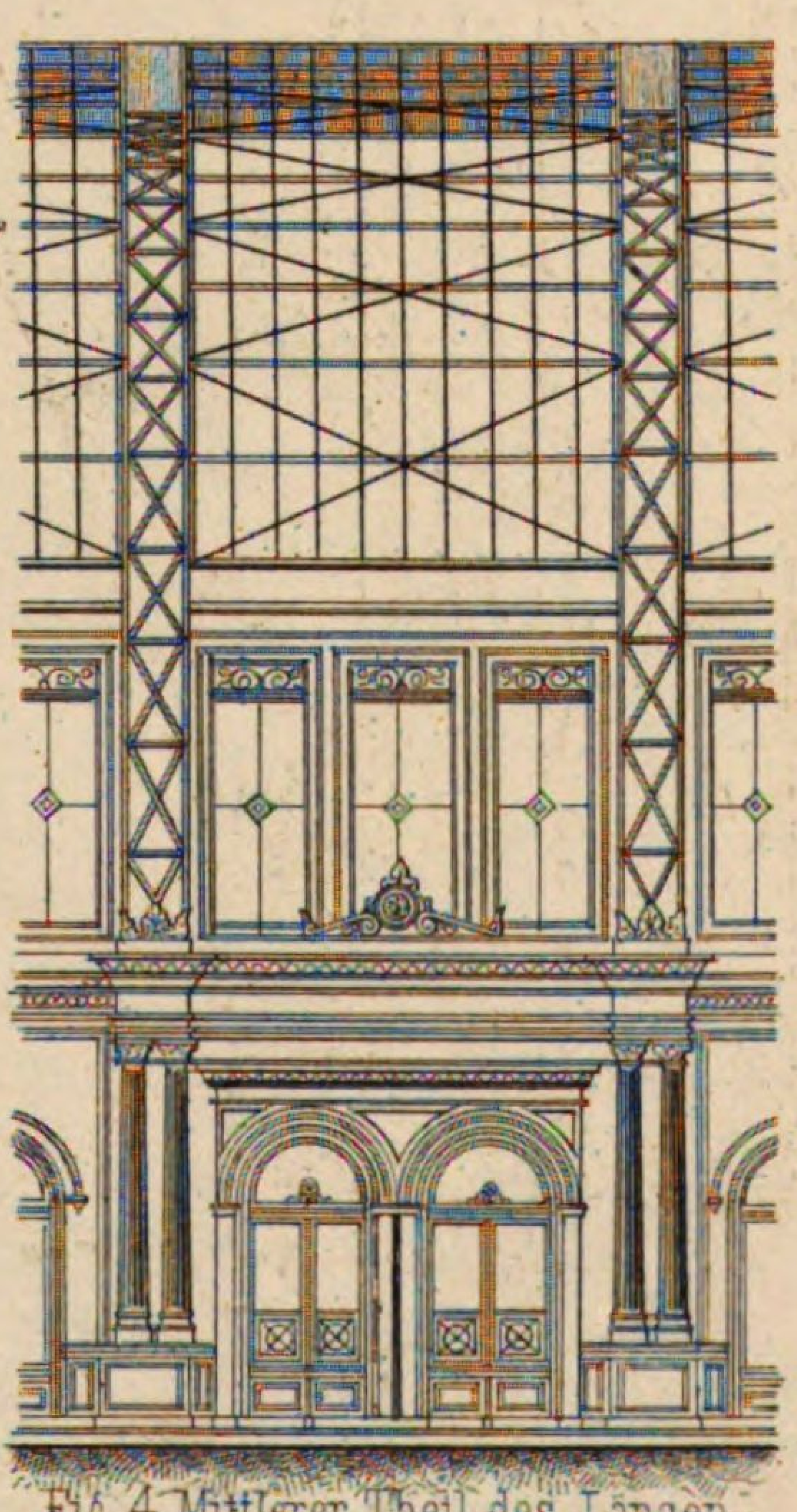


Fig. 4. Mittlerer Theil des Längen-Schnittes der Halle.

Meter. Zu Fig. 3-4.

Lith. Anst. v. E. Franz. V. B. Wien.

Fig. 9. Auflager des Binders.

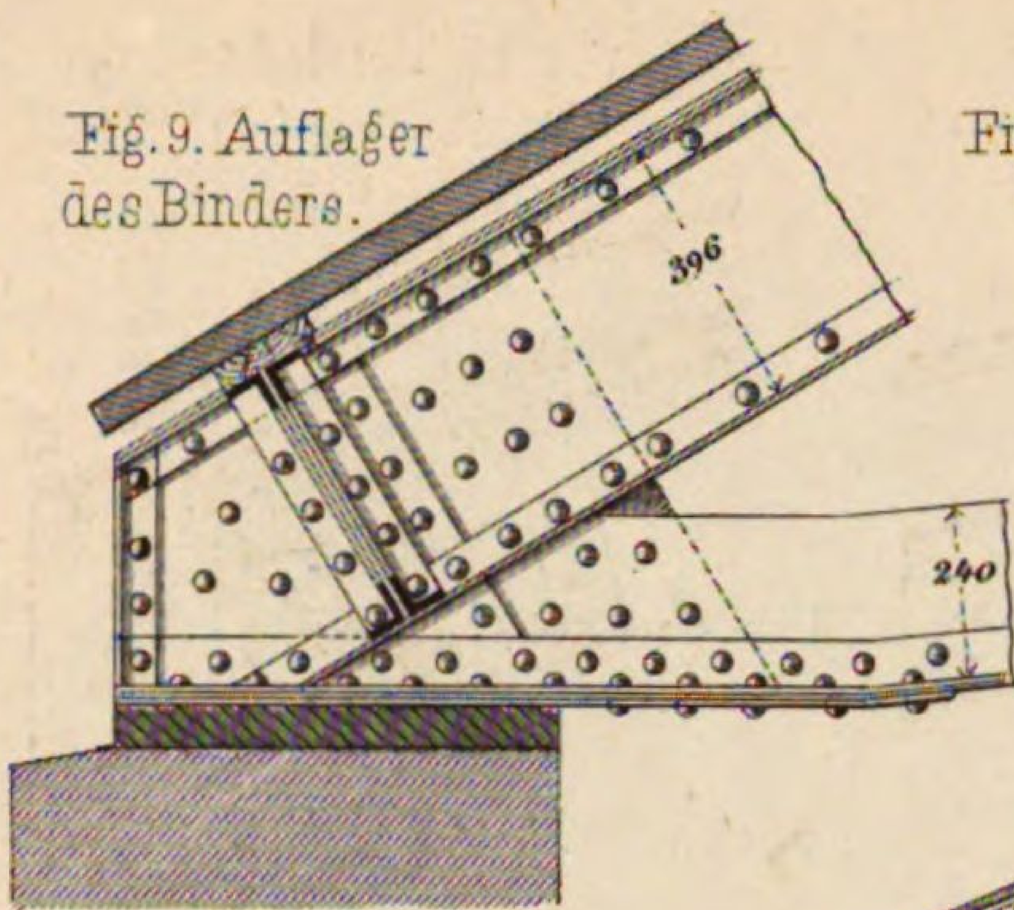


Fig. 10. Befestigung der Fetten

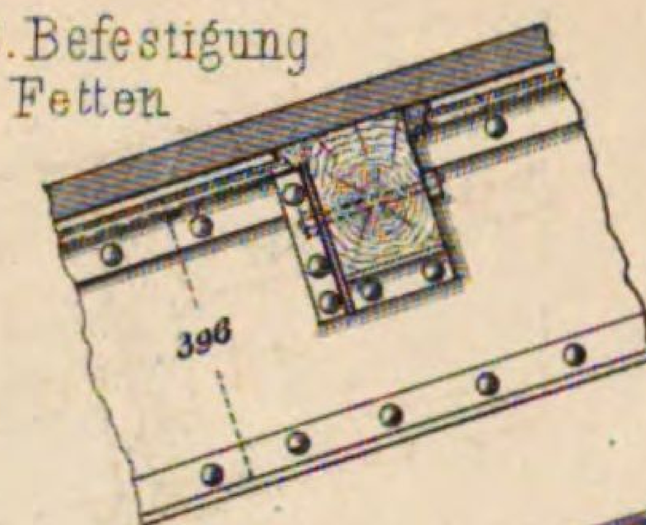


Fig. 1. Binder der Personen-Halle

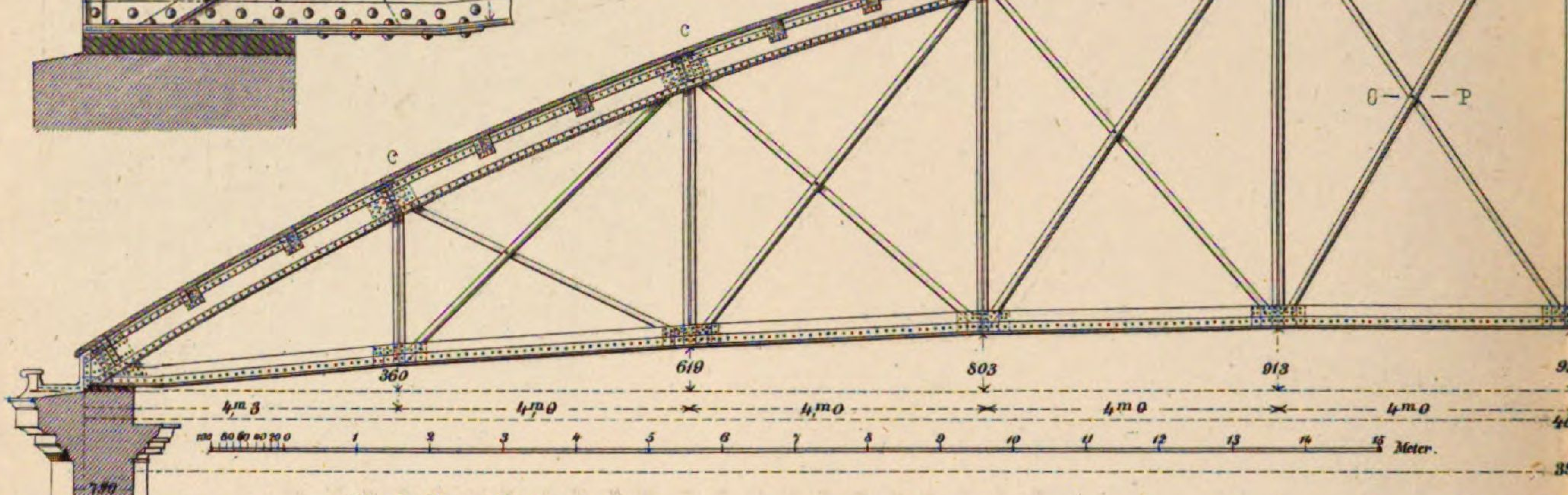


Fig. 2. First-Fette a

Fig. 5. Detail zu Fig 2. bei f.

Fig. 6 Detail zu g.

Fig. 14. Schnitt O.P.

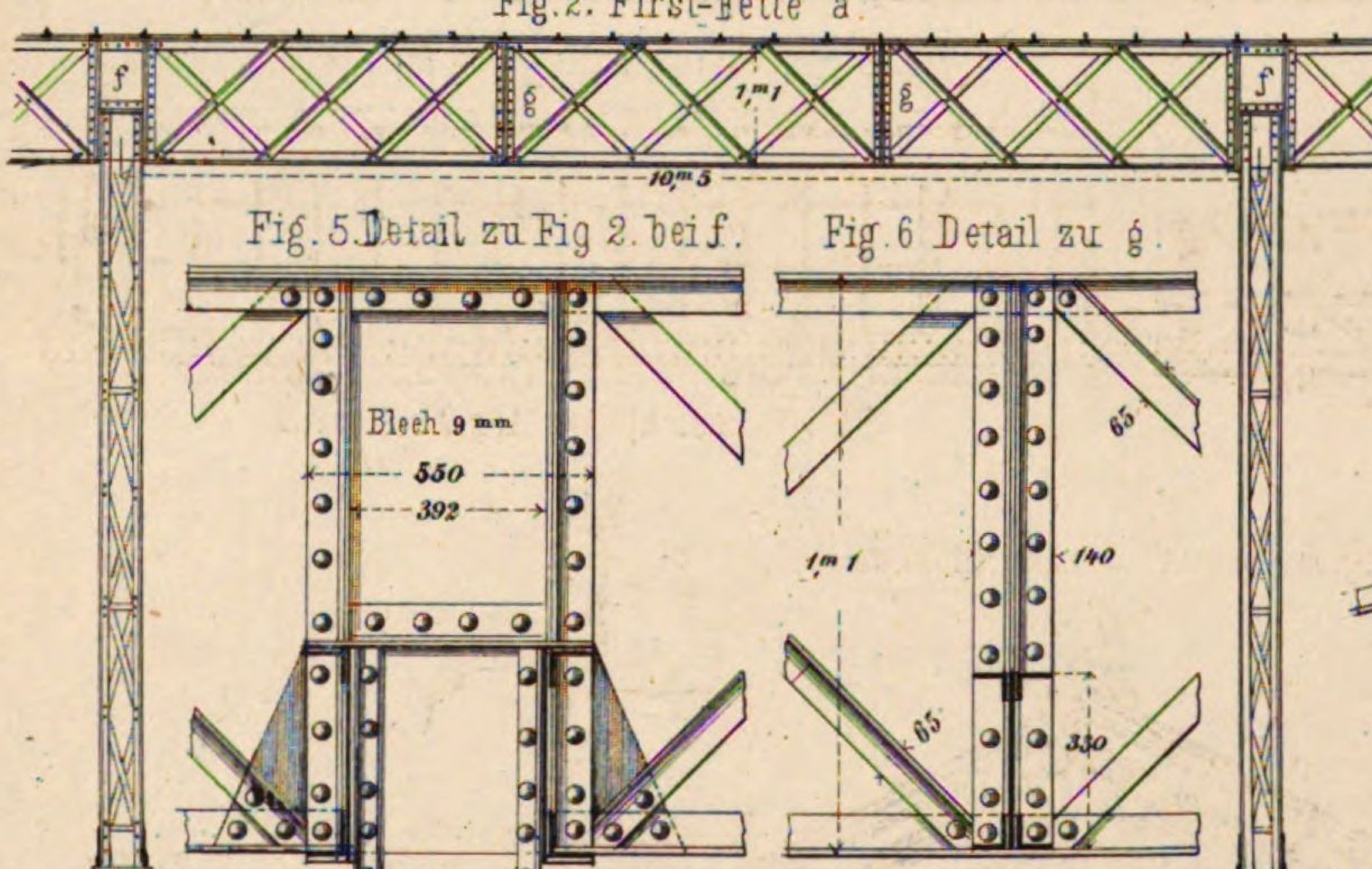
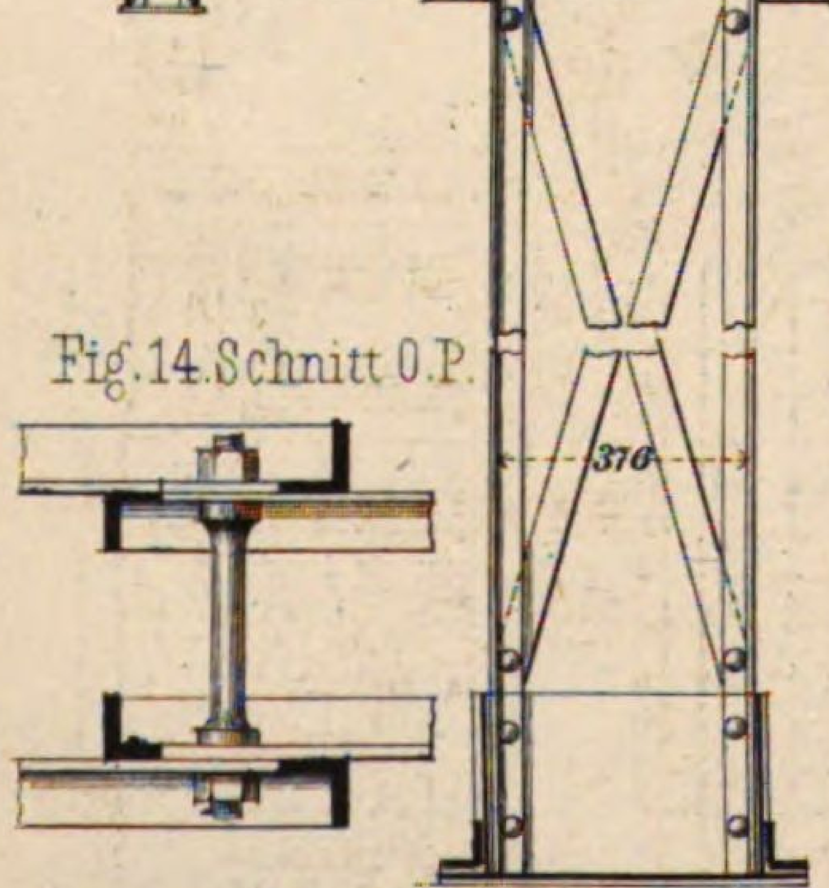



Fig. 3. Fet

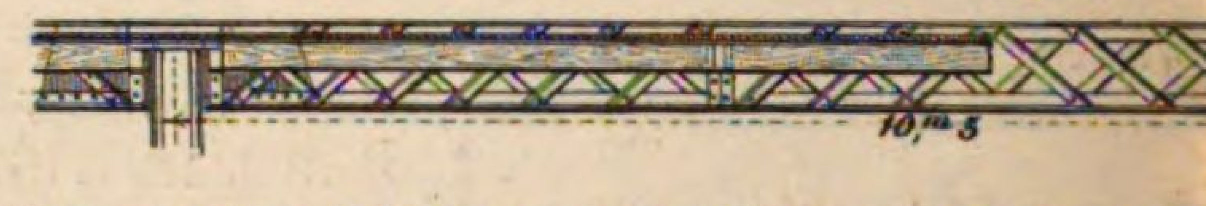


Fig. 4. Fette C. C

Fig. 7. Verbindung der First-Fette und der Bind

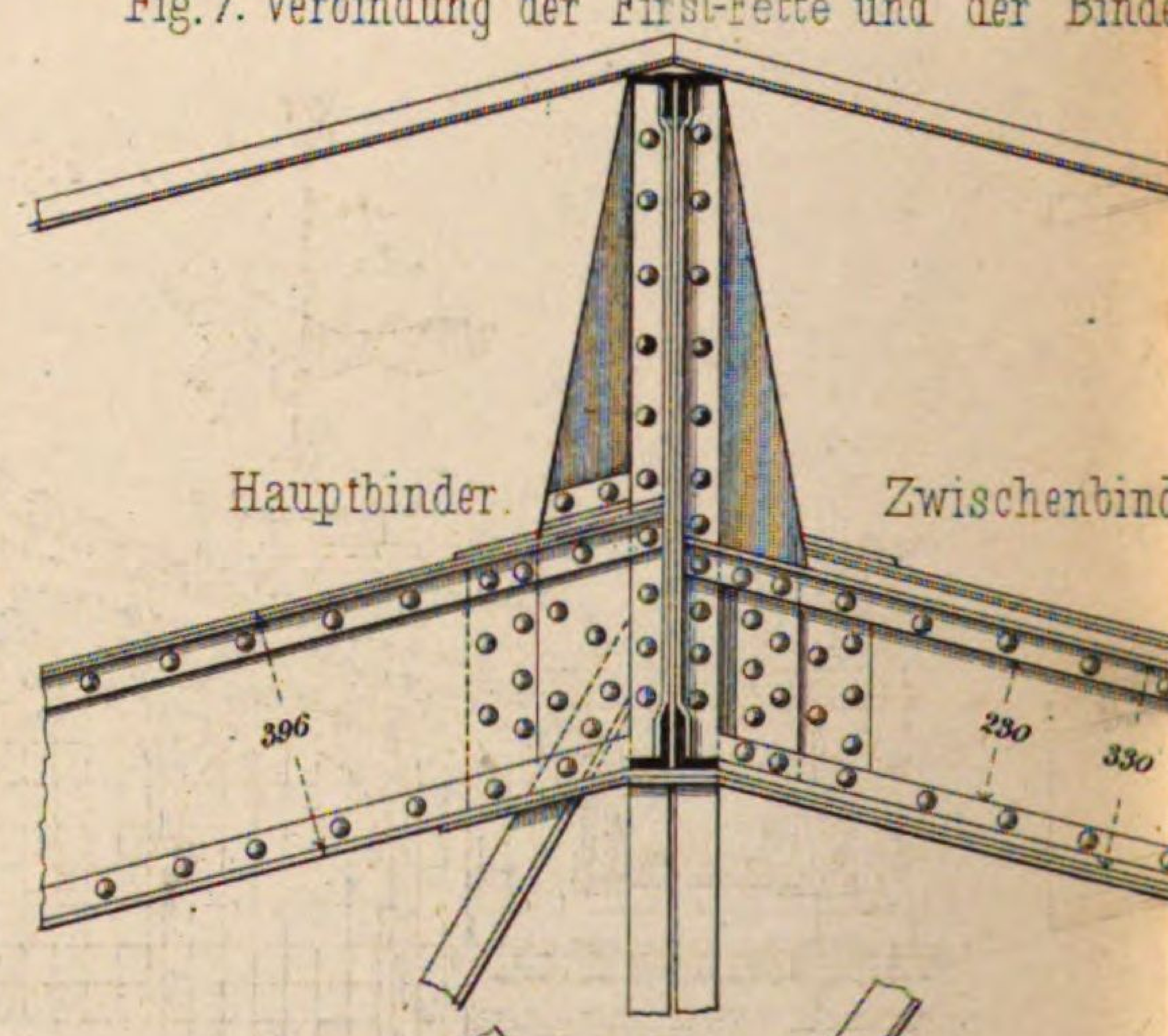


Fig. 8. Ansicht der Verbindung

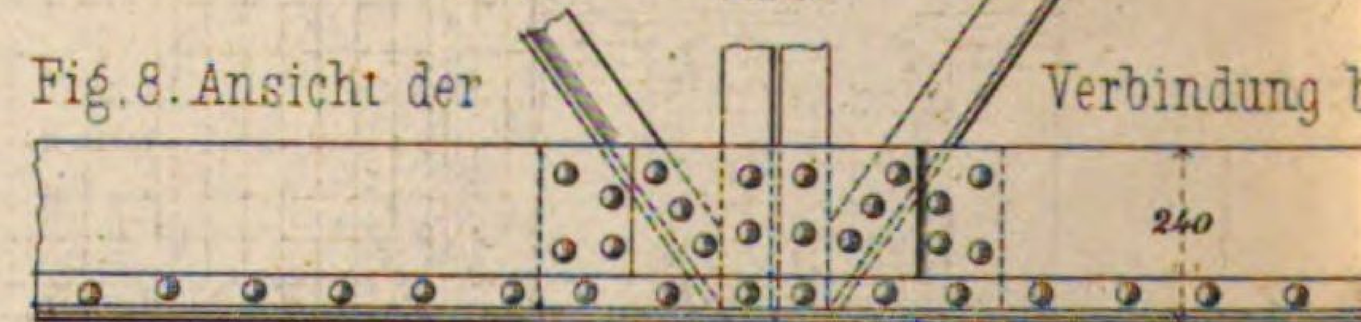


Fig. 15. Theil des Hallenlängenschnittes.

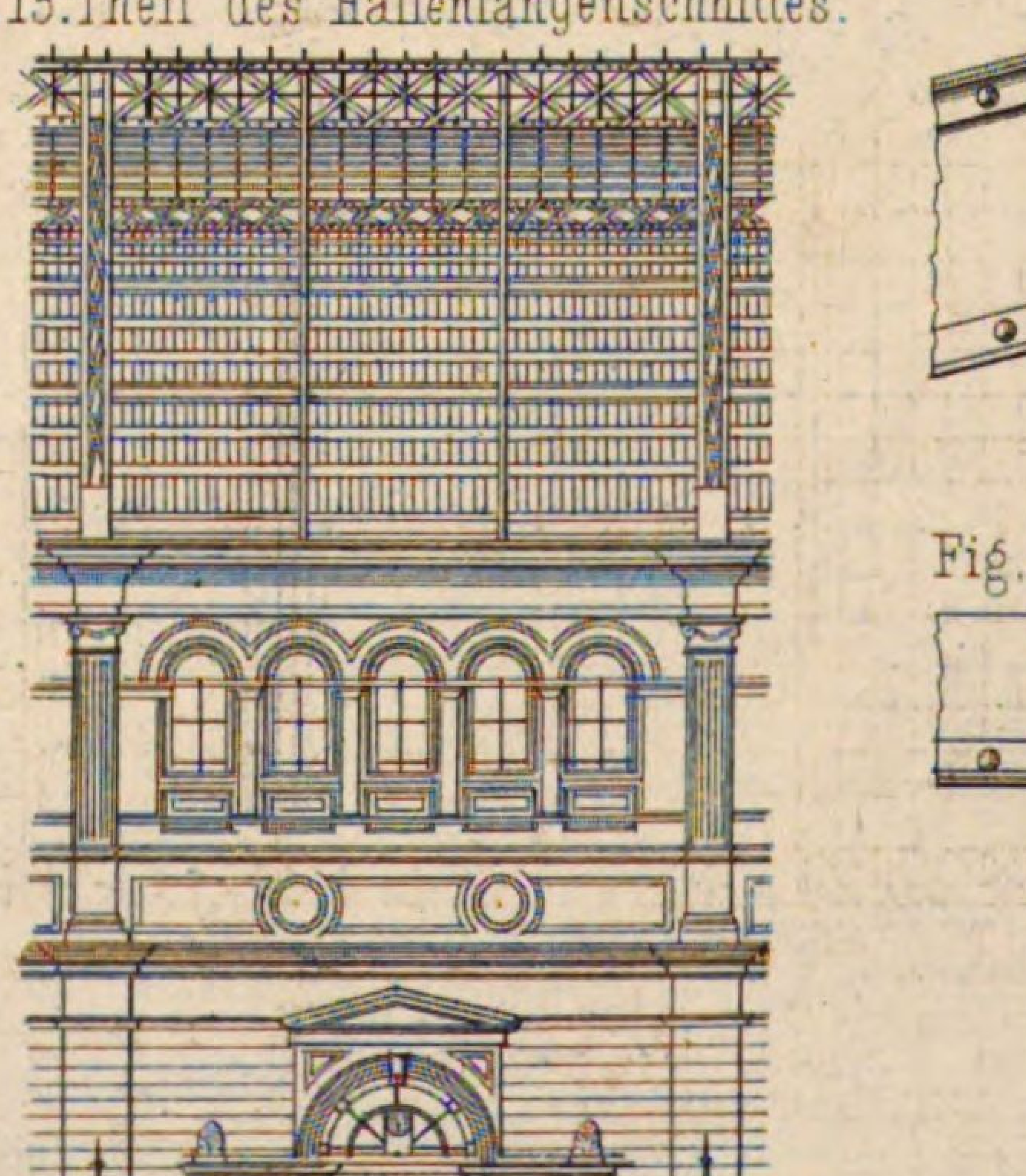


Fig. 13. Grundriss des Binderauflagers.

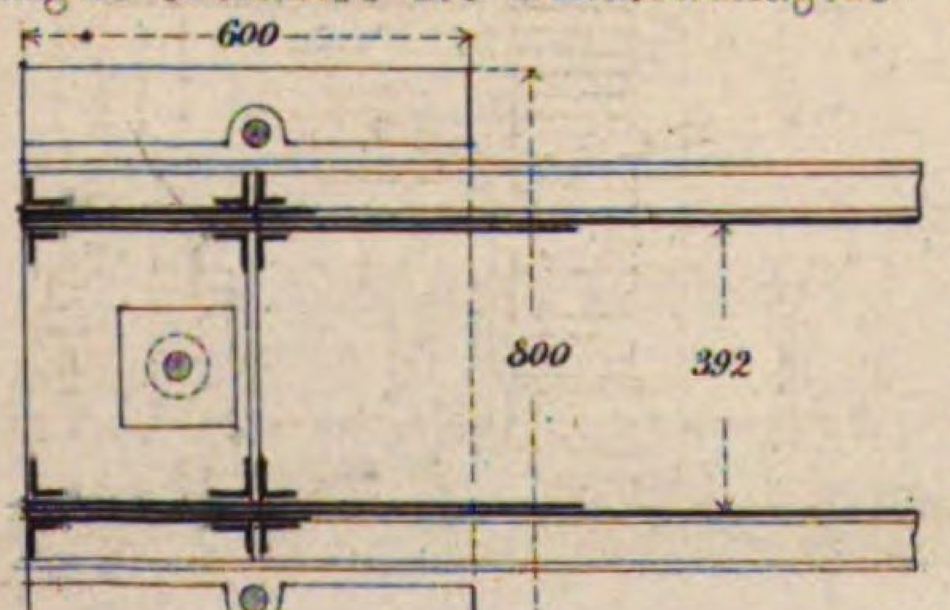
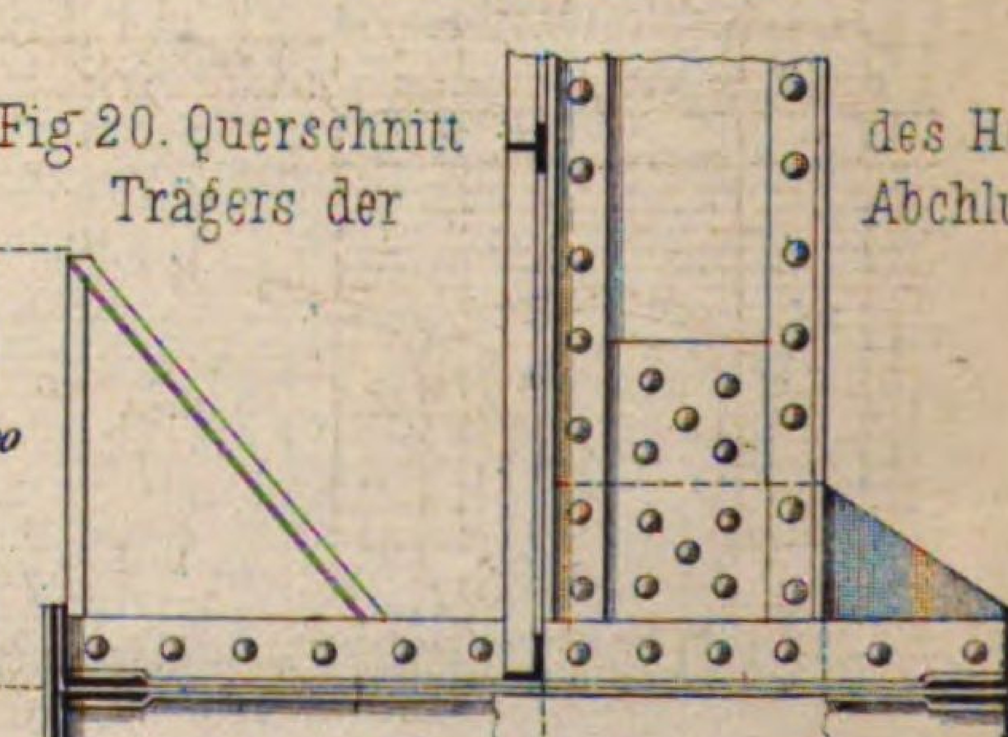


Fig. 20. Querschnitt des Horizon Trägers der Abchlusswar



aus Schmiedeeisen.

des Nord-Westbahnhofes in Wien.

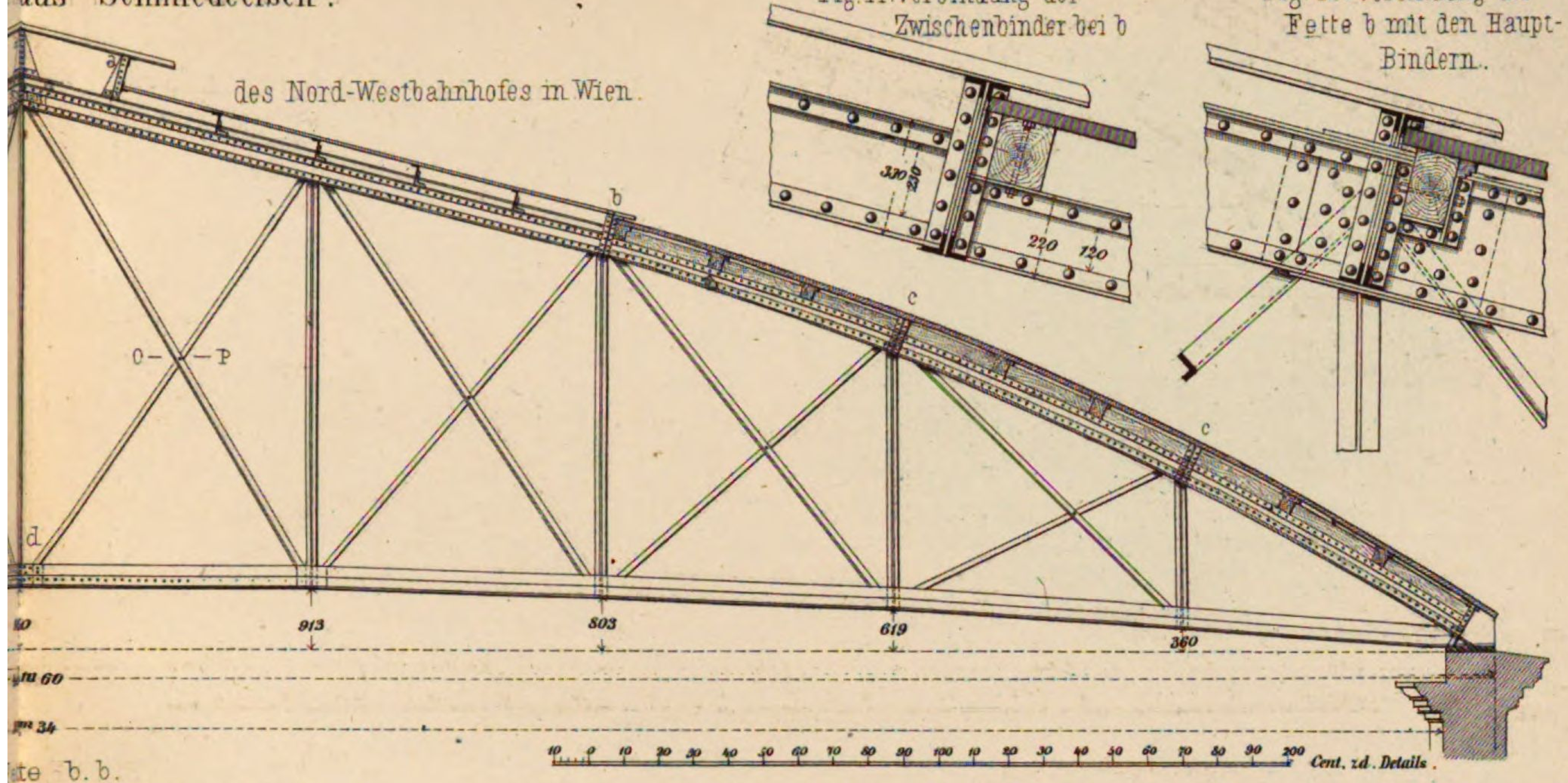


Fig. 11. Verbindung der Zwischenbinder bei b

Fig. 12. Verbindung der Fette b mit den Haupt-Bindern.

ite b. b.

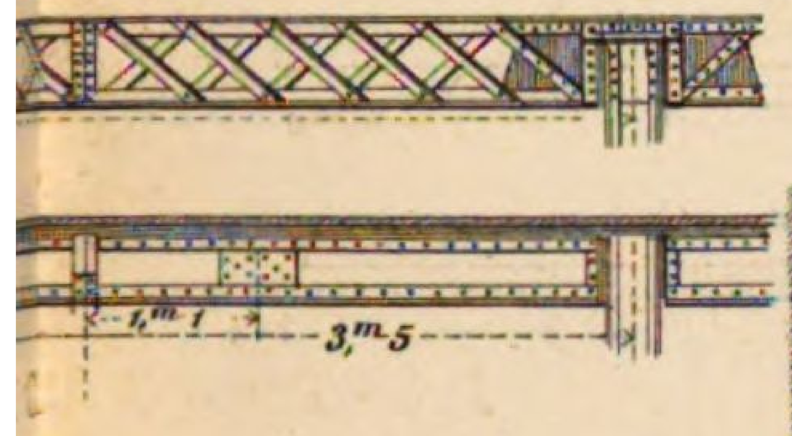


Fig. 19.
Horizontaler Träger d. Abschlusswand.

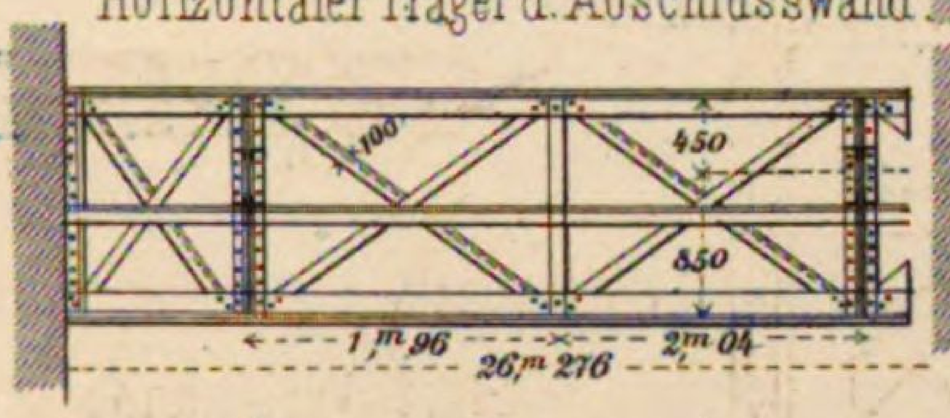


Fig. 18. Horizontalschnitt durch die Abschlusswand

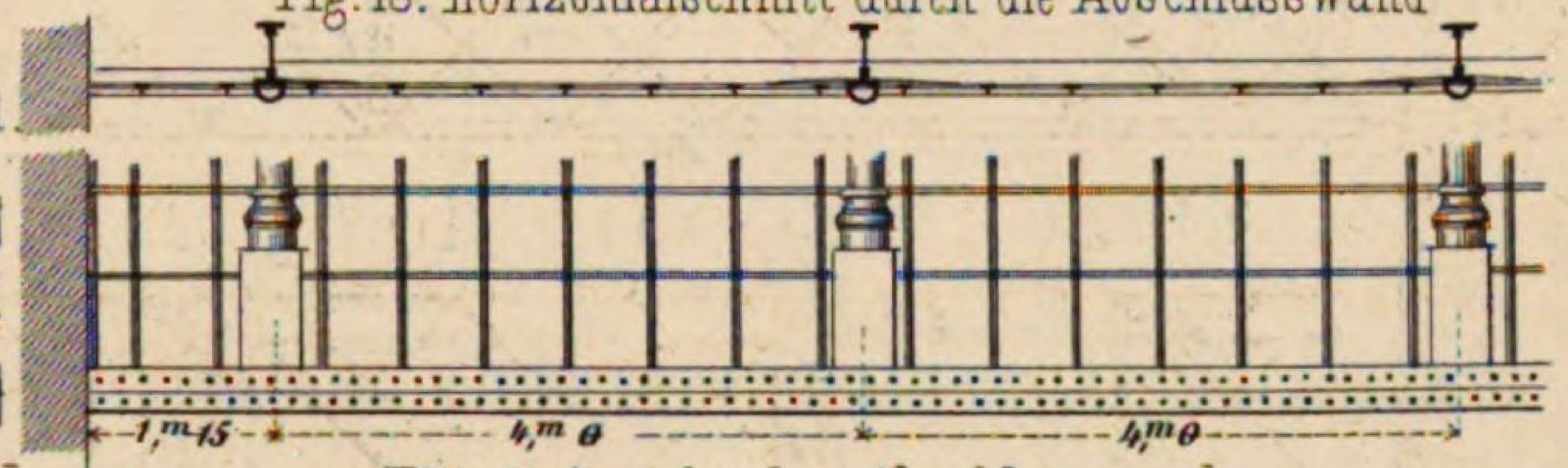


Fig. 17. Ansicht der Abschlusswand.

ir.

ier.

bei d.

tal-
d.

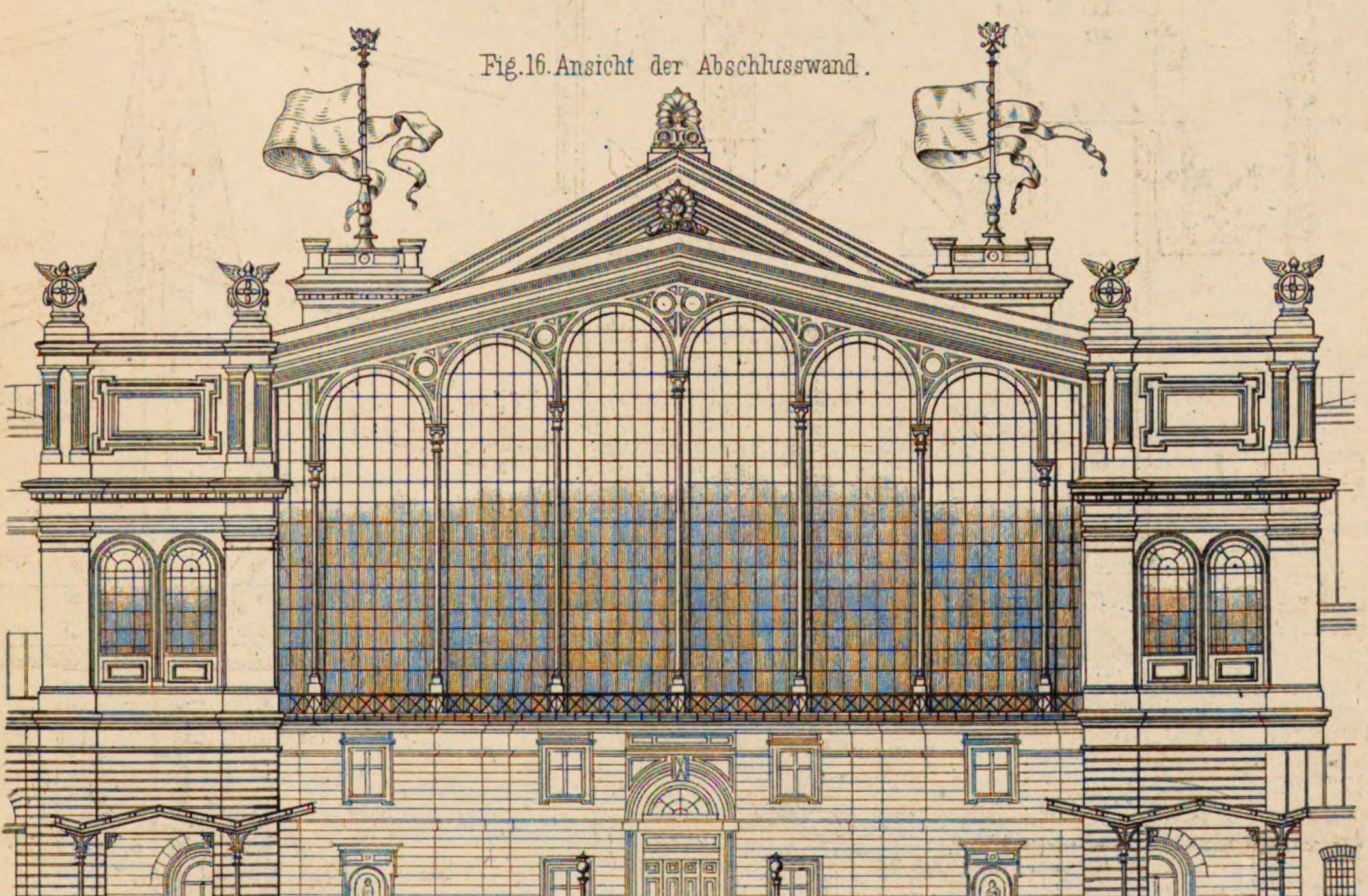
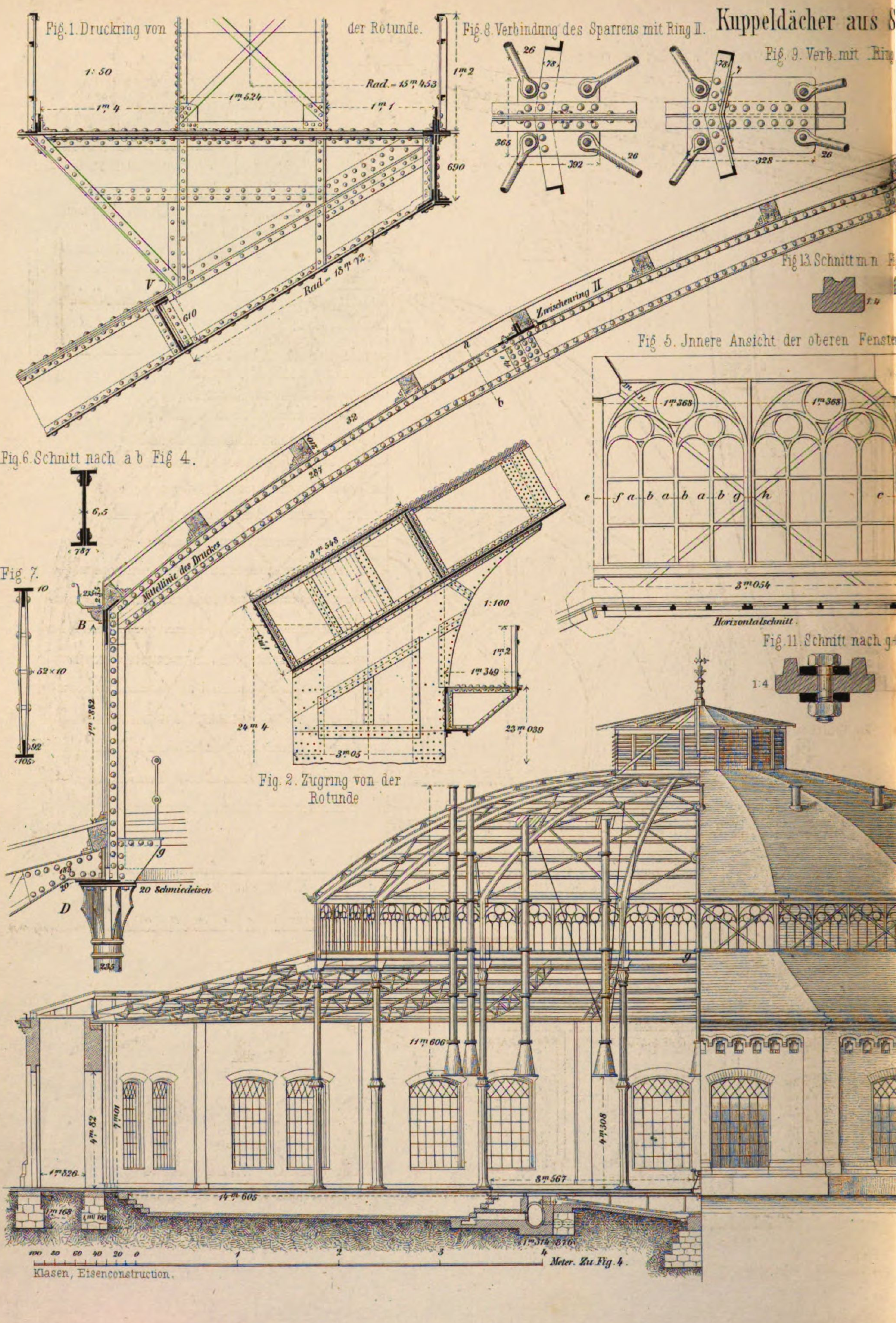


Fig. 16. Ansicht der Abschlusswand.



Lith. Anst. v. E. Franz V. B. Wien.

Kuppeldächer aus S



Klasen, Eisenconstruction.

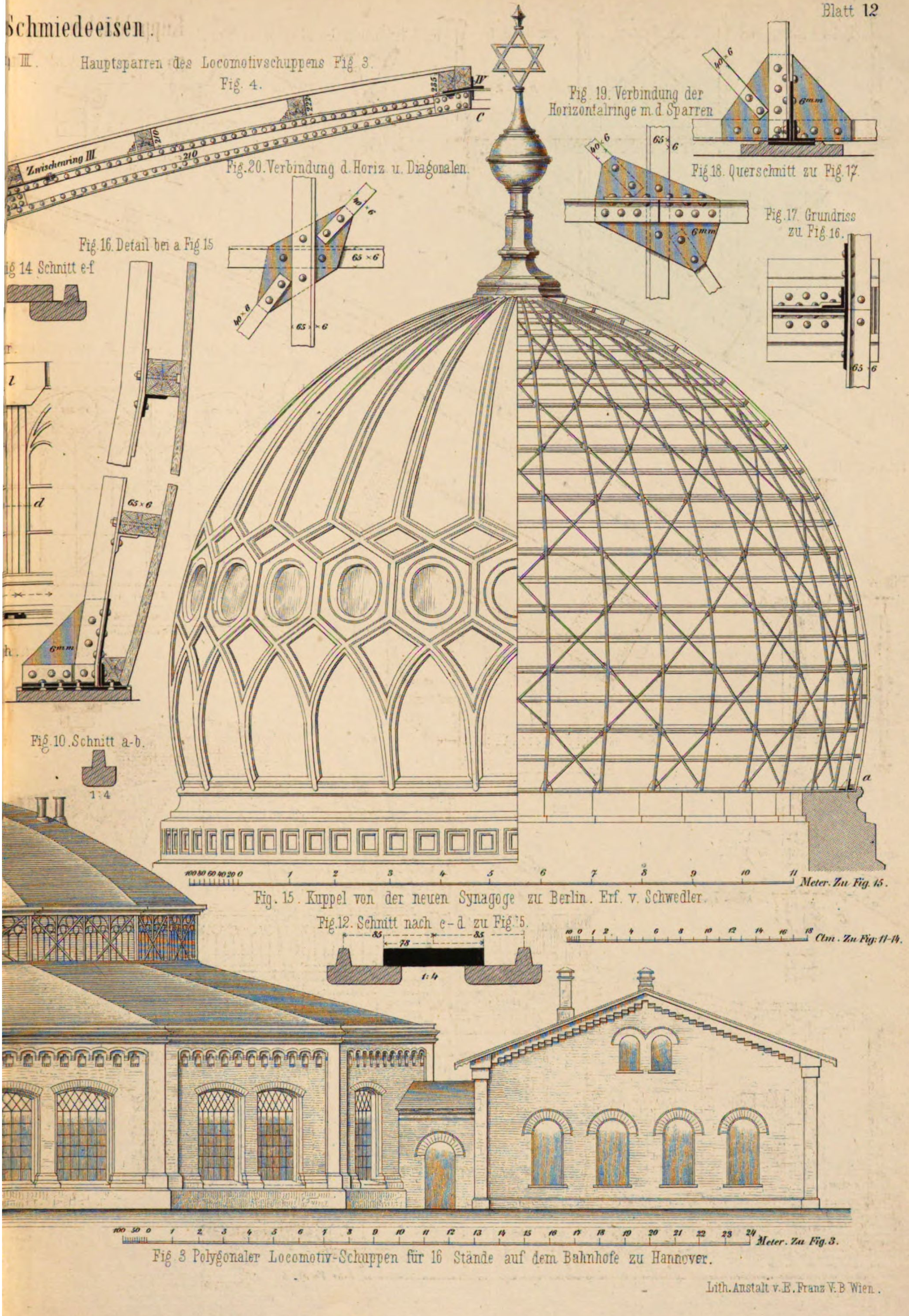


Fig. 3 Polygonaler Locomotiv-Schuppen für 16 Stände auf dem Bahnhofe zu Hannover.

Lith. Anstalt v. E. Franz V. B Wien.

Deckenträger aus

Fig. 4. Stossverbindung bei a.

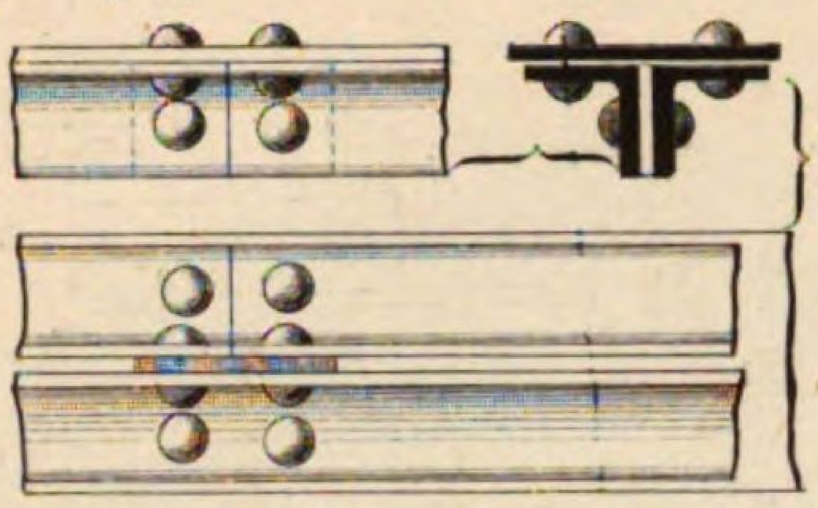


Fig. 5. Fettenschuh.

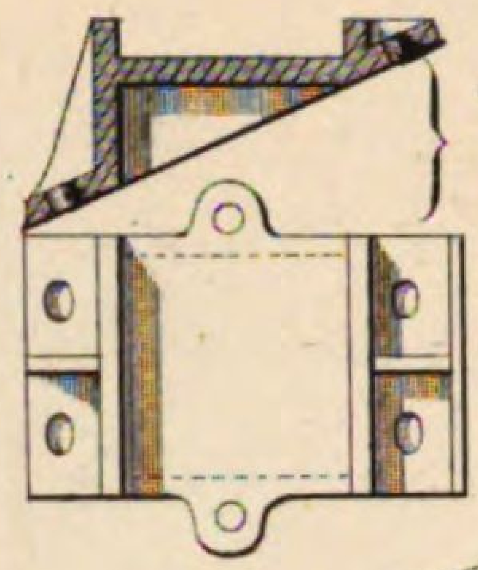
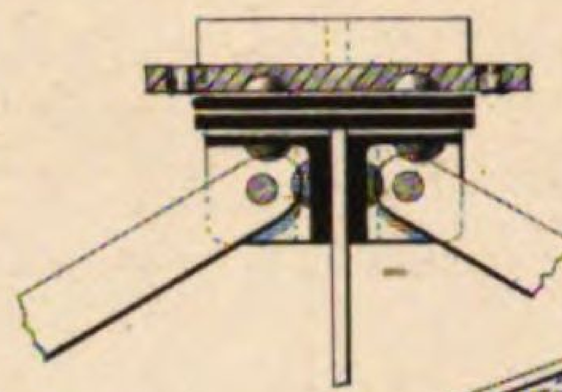


Fig. 6. Querschnitt bei b.



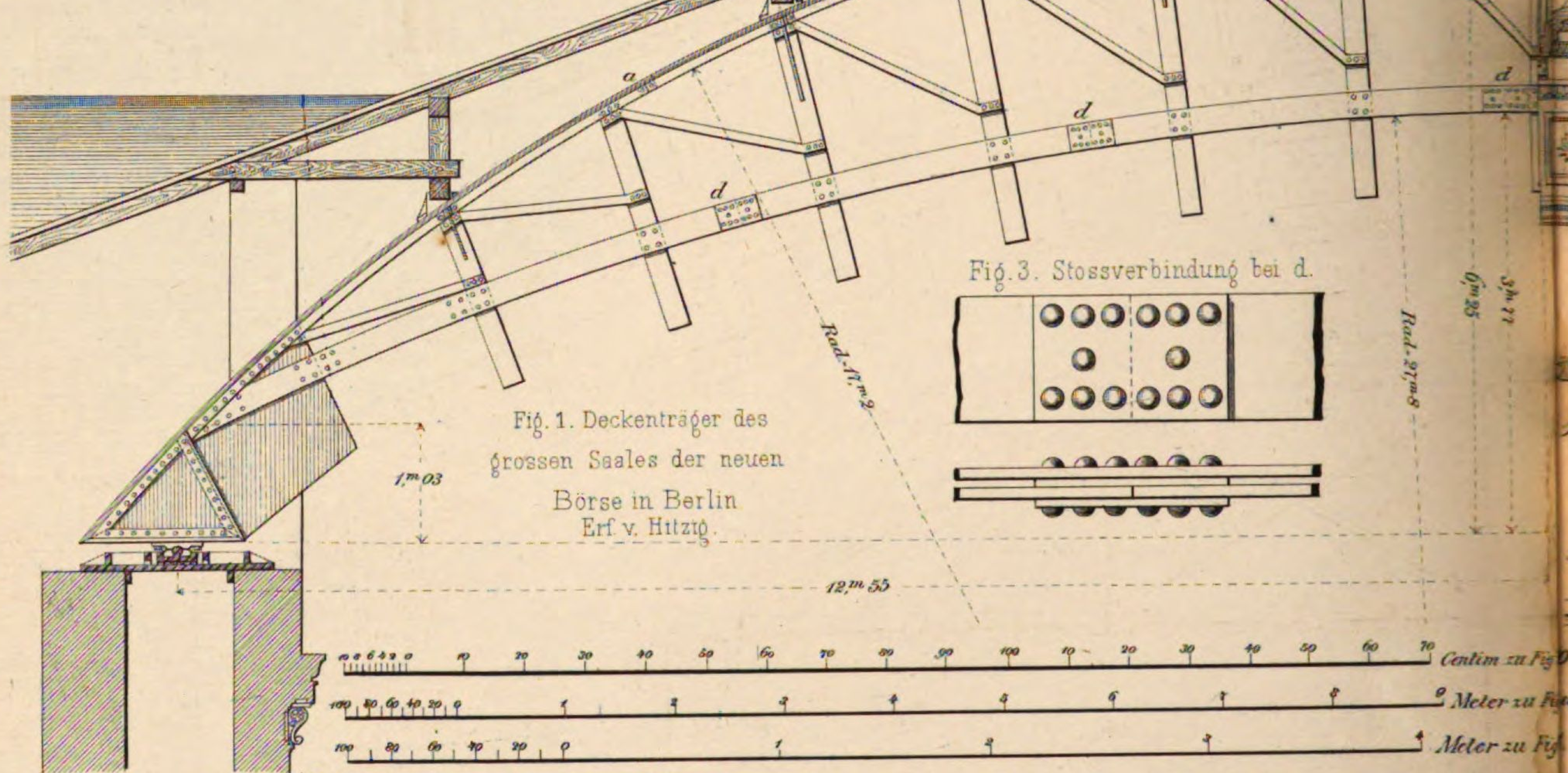


Fig. 1. Deckenträger des grossen Saales der neuen Börse in Berlin Erf. v. Hitzig.

Fig. 3. Stossverbindung bei d.

Fig. 10. Querschnitt nach l.m.

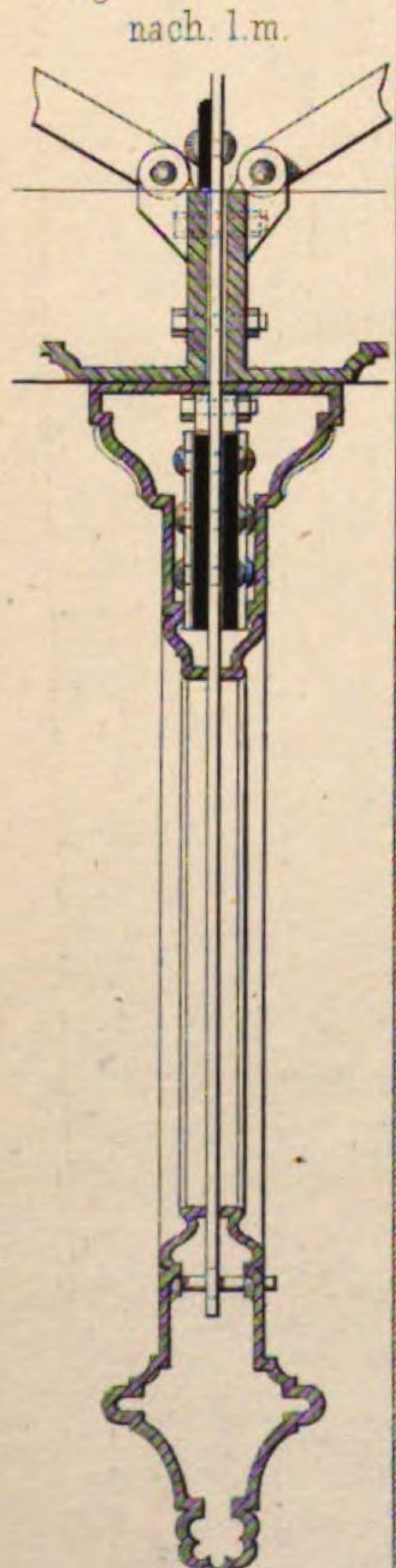
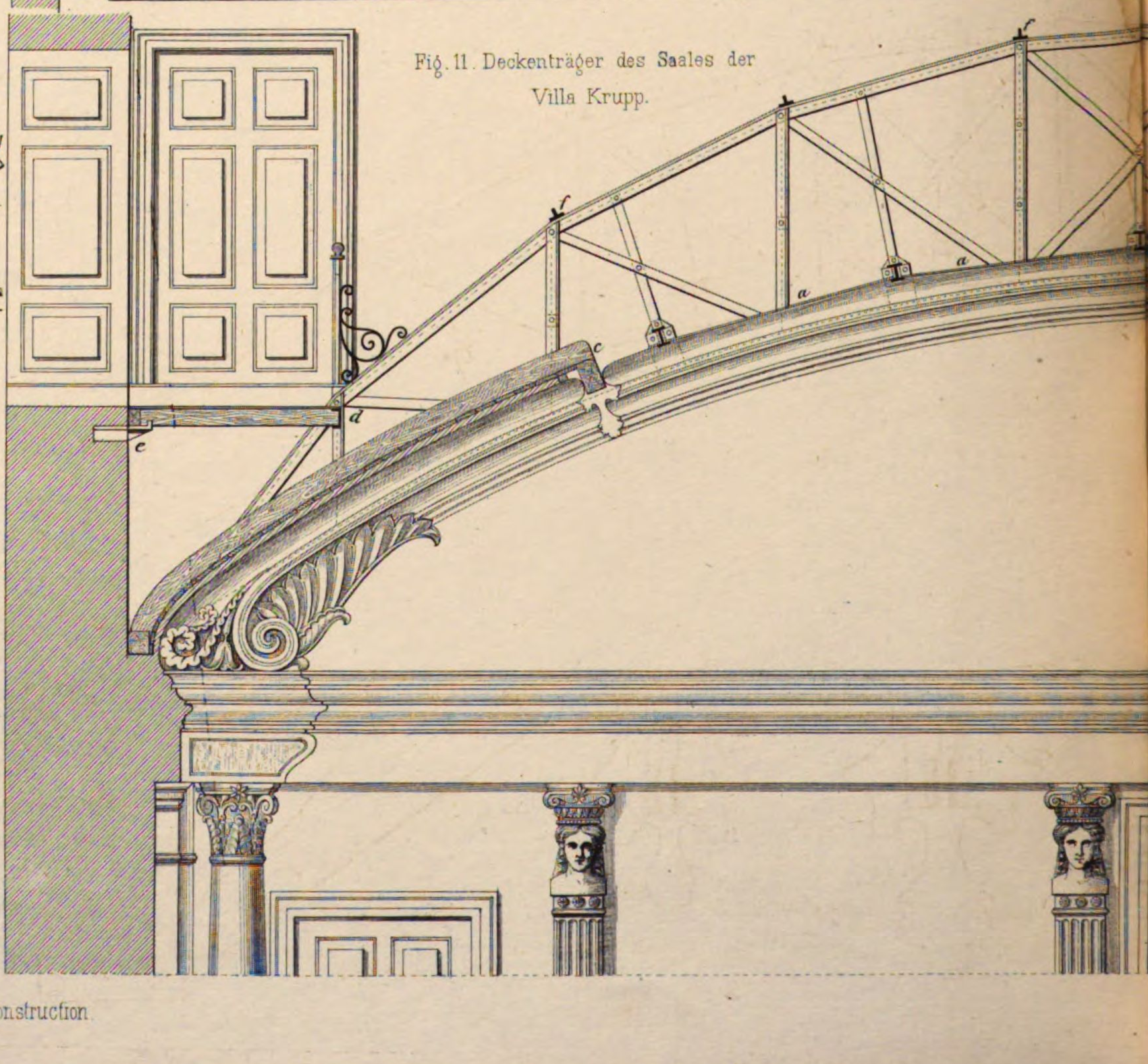
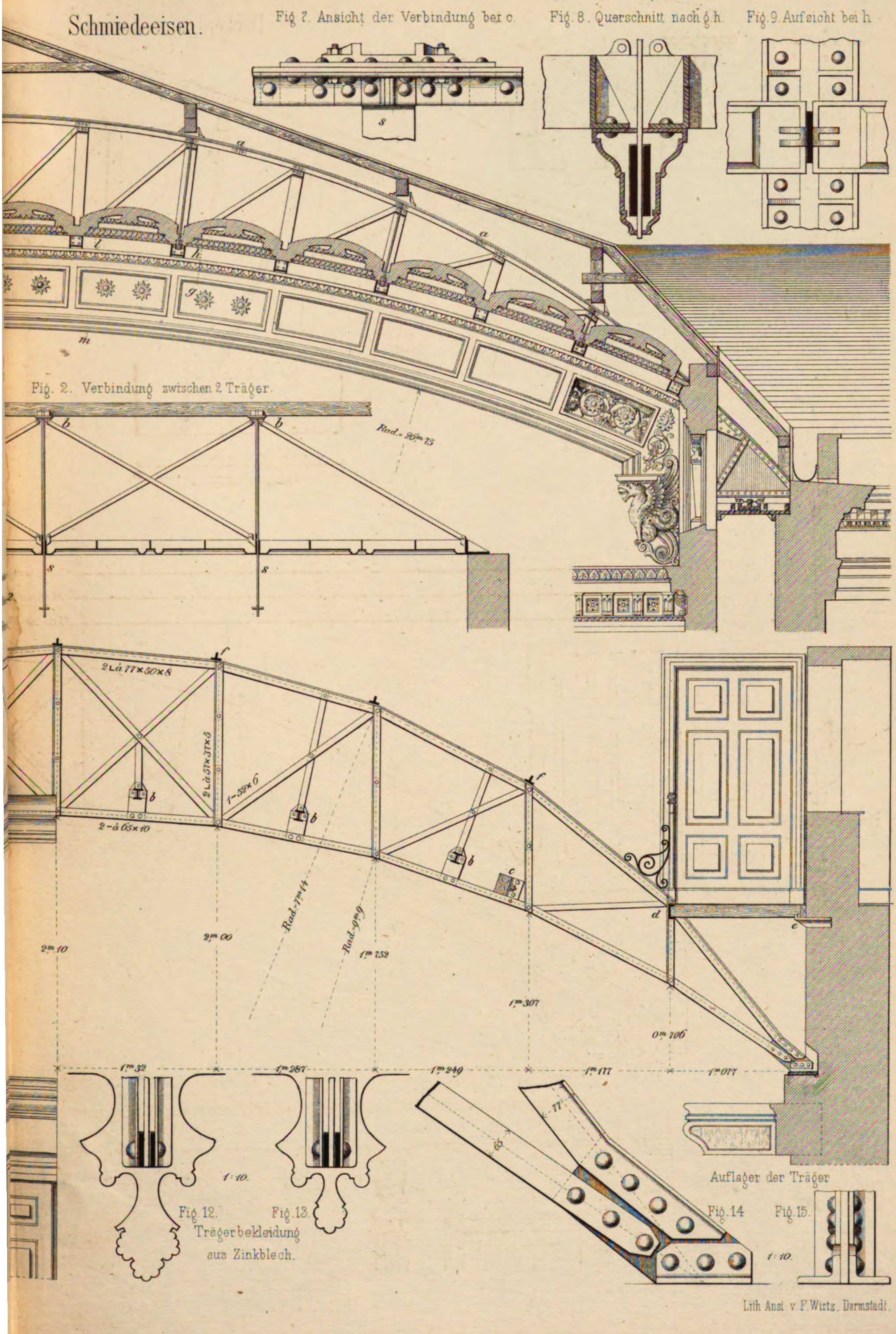


Fig. 11. Deckenträger des Saales der Villa Krupp.



Schmiedeeisen.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt.

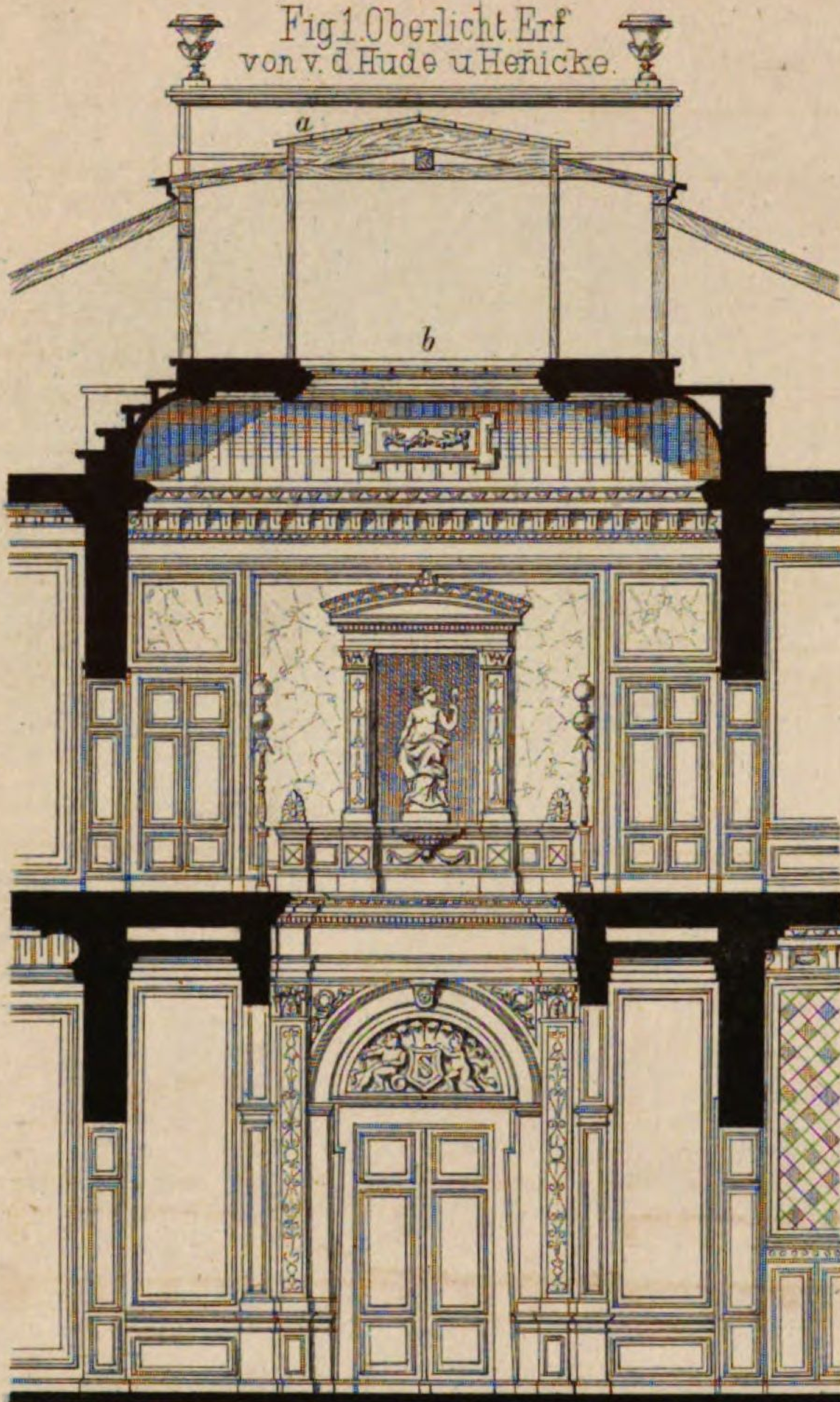


Fig.1. Oberlicht. Erf von v. d. Hude u. Henicke.

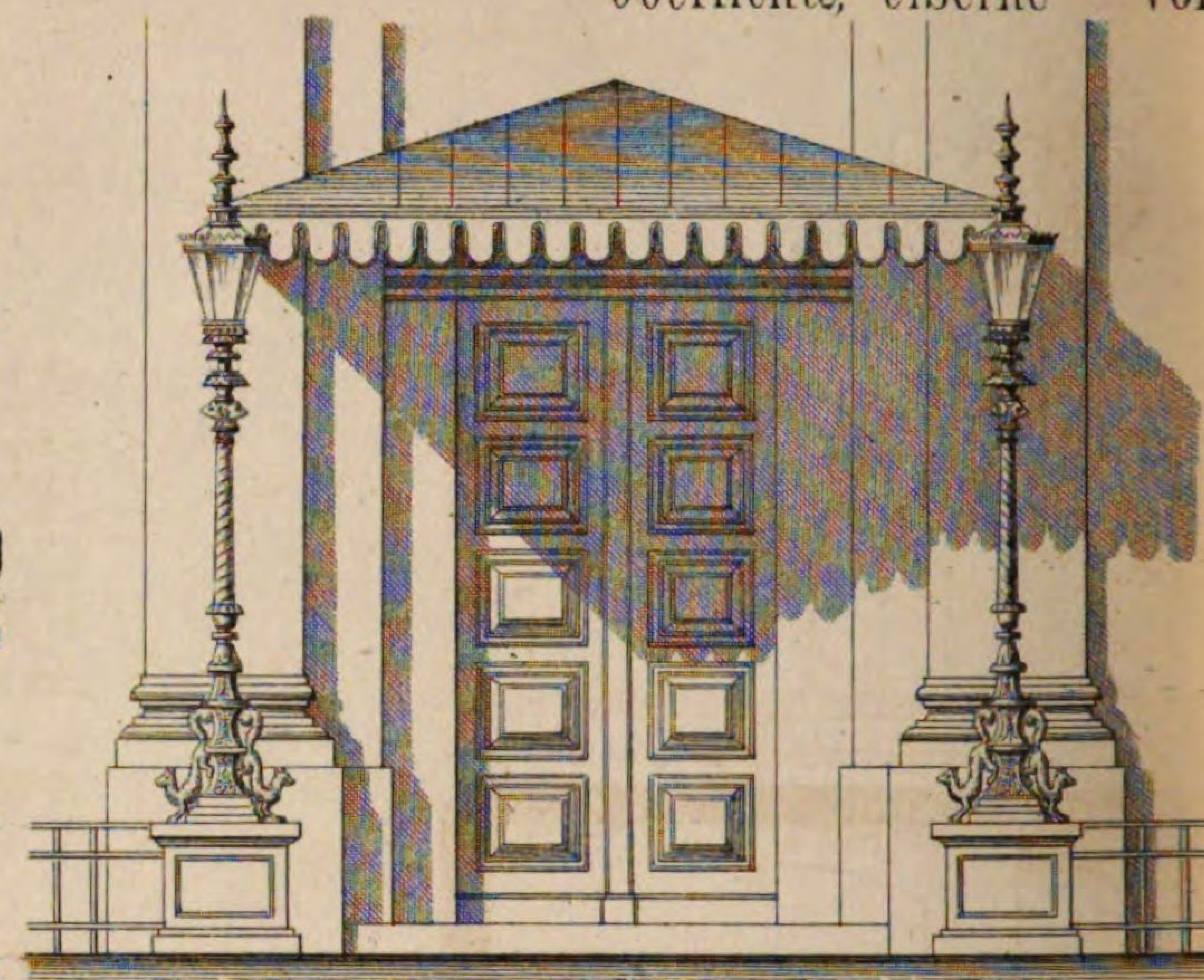


Fig. 3. Thürvorbau am Vofs'schen Palais in Berlin. Erf. v. Schinkel.

Meter

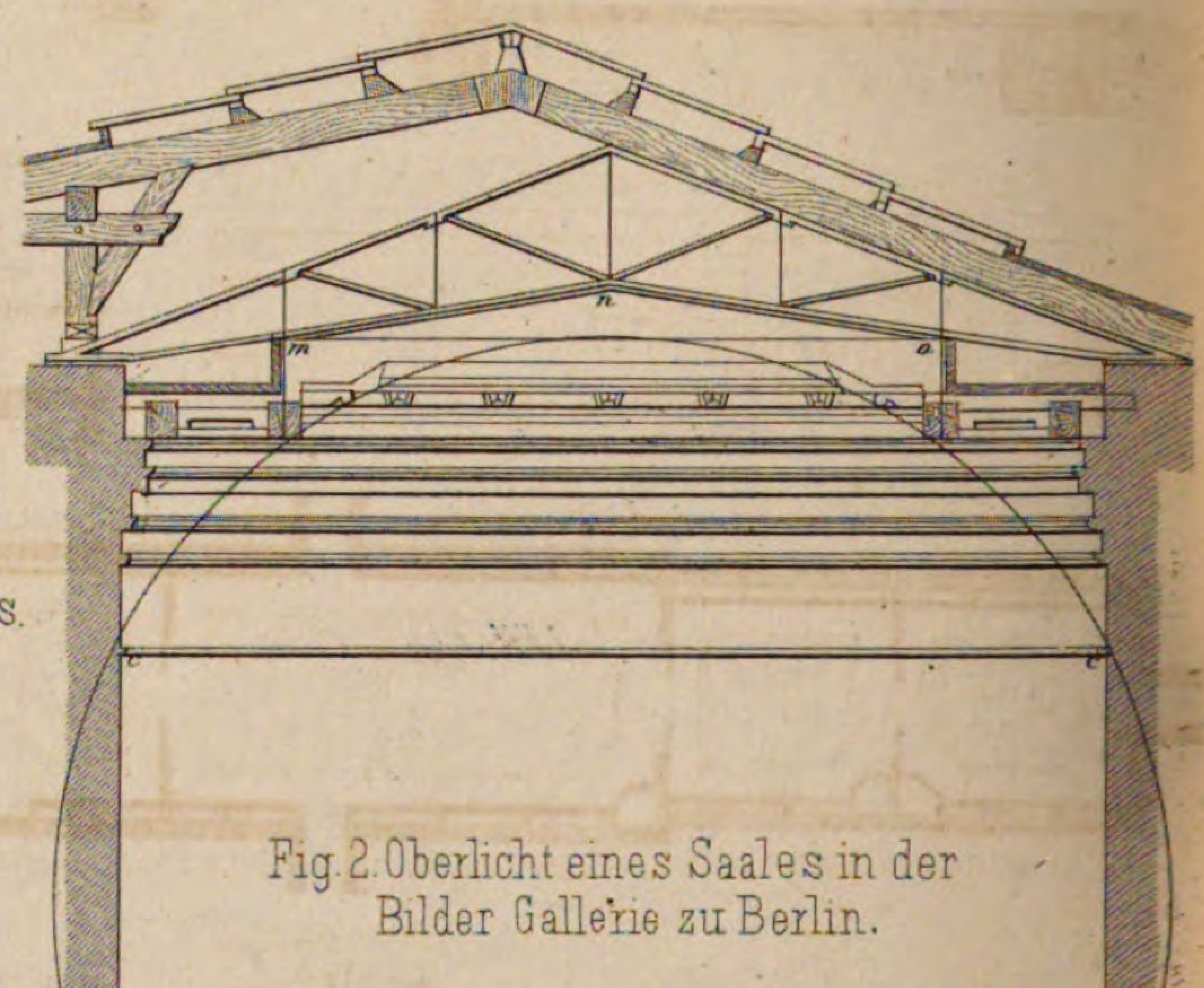
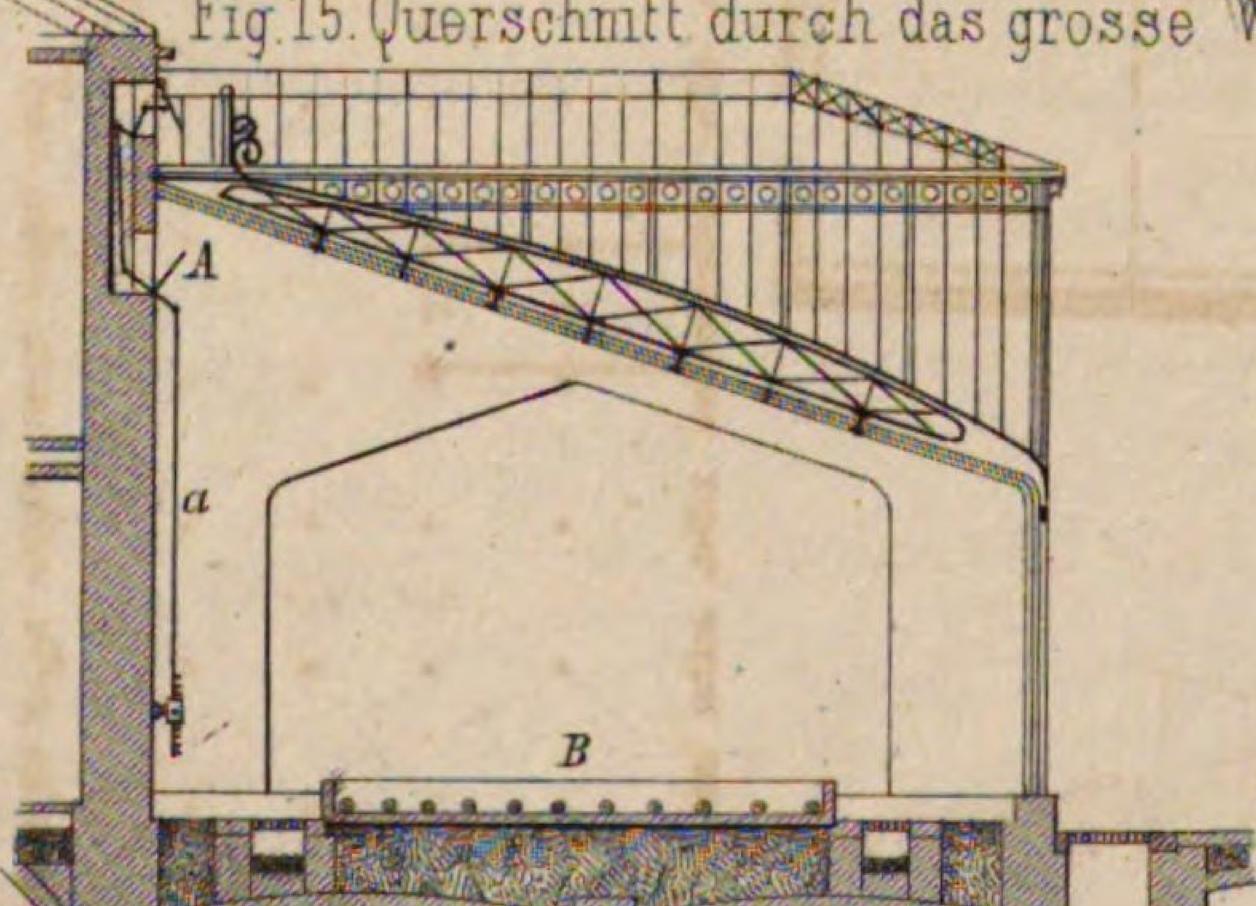


Fig. 2. Oberlicht eines Saales in der Bilder Gallerie zu Berlin.

Fig. 15. Querschnitt durch das grosse Warmhaus.



Meter zu Fig. 15.

Zu Fig 16

Meter

Fig. 11. Situation d. Markth. zu Berlin

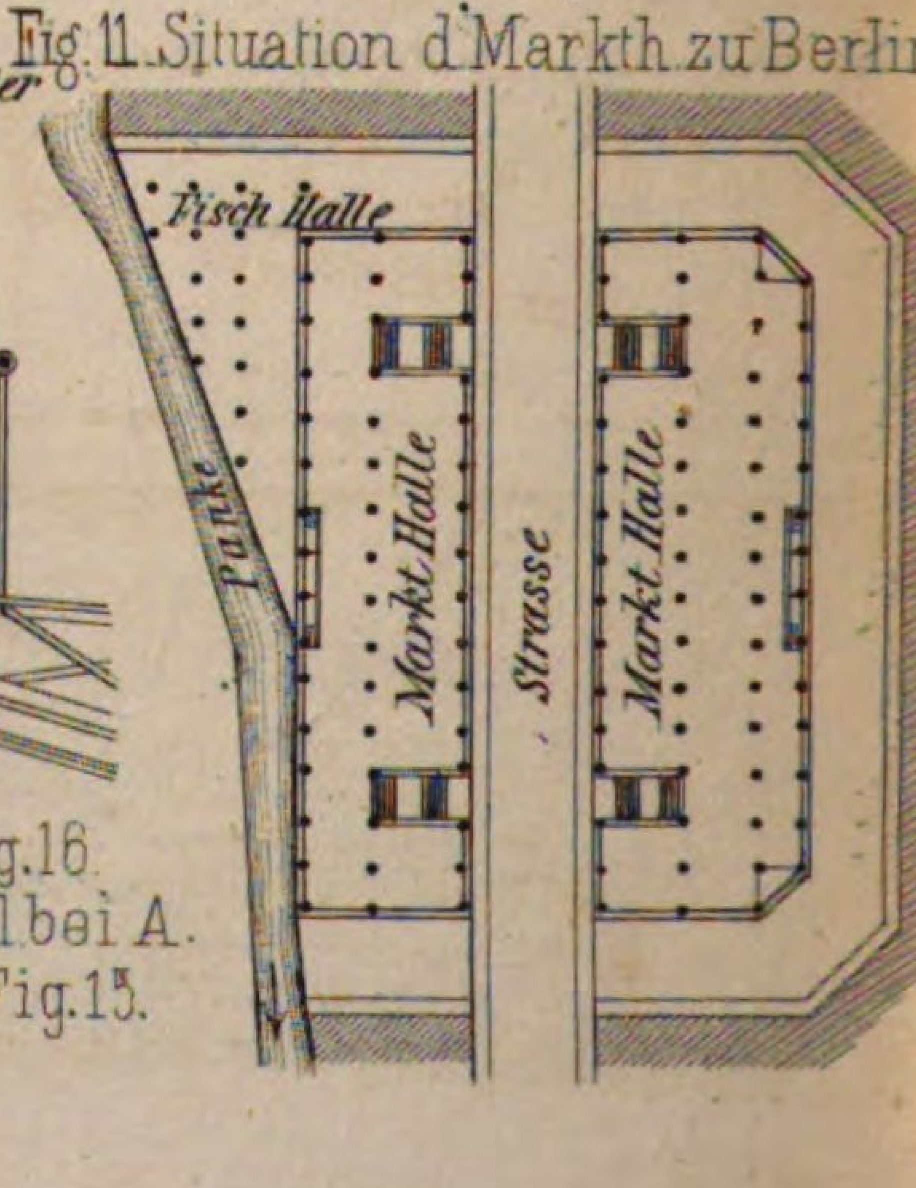
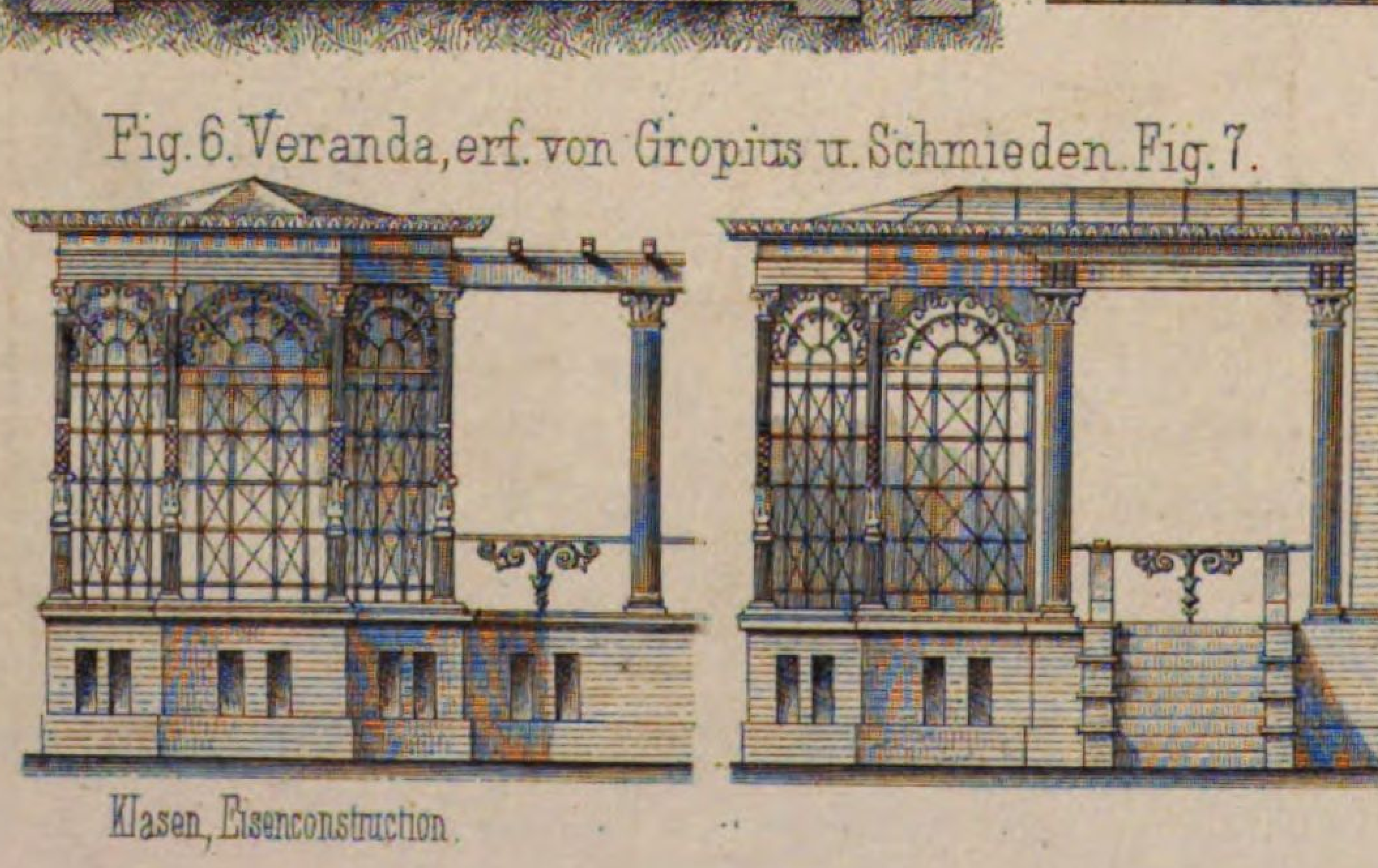


Fig. 6. Veranda, erf. von Gropius u. Schmieden. Fig. 7.



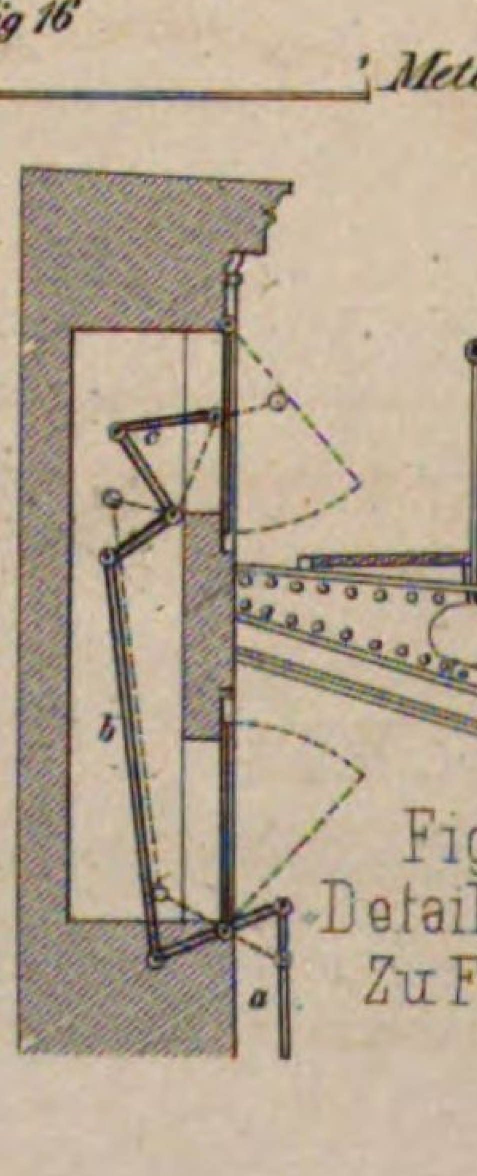


Fig. 16. Detail bei A. Zu Fig. 15.

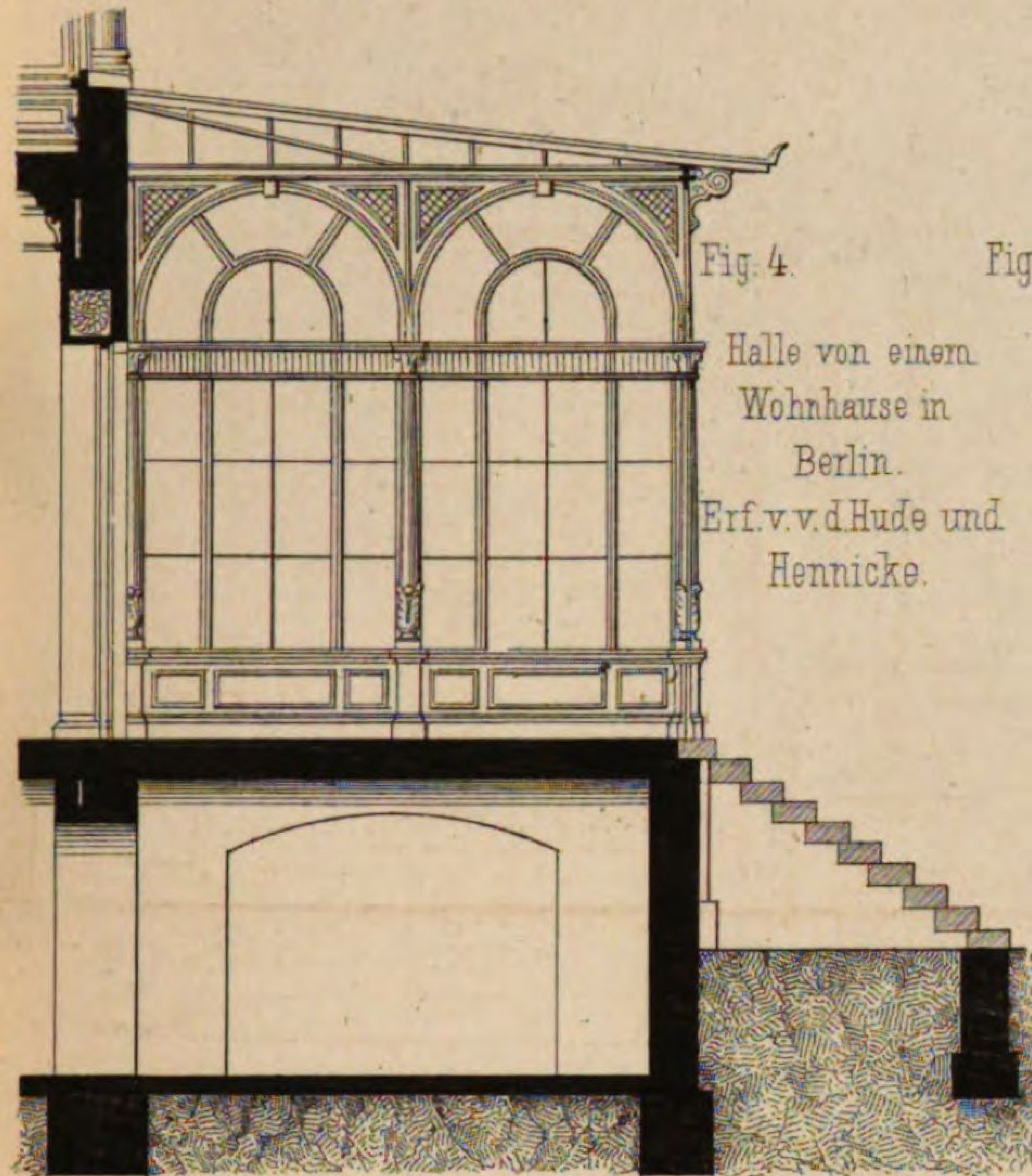


Fig. 4.

Halle von einem Wohnhause in Berlin. Erf. v. v. d. Hude und Hennicke.

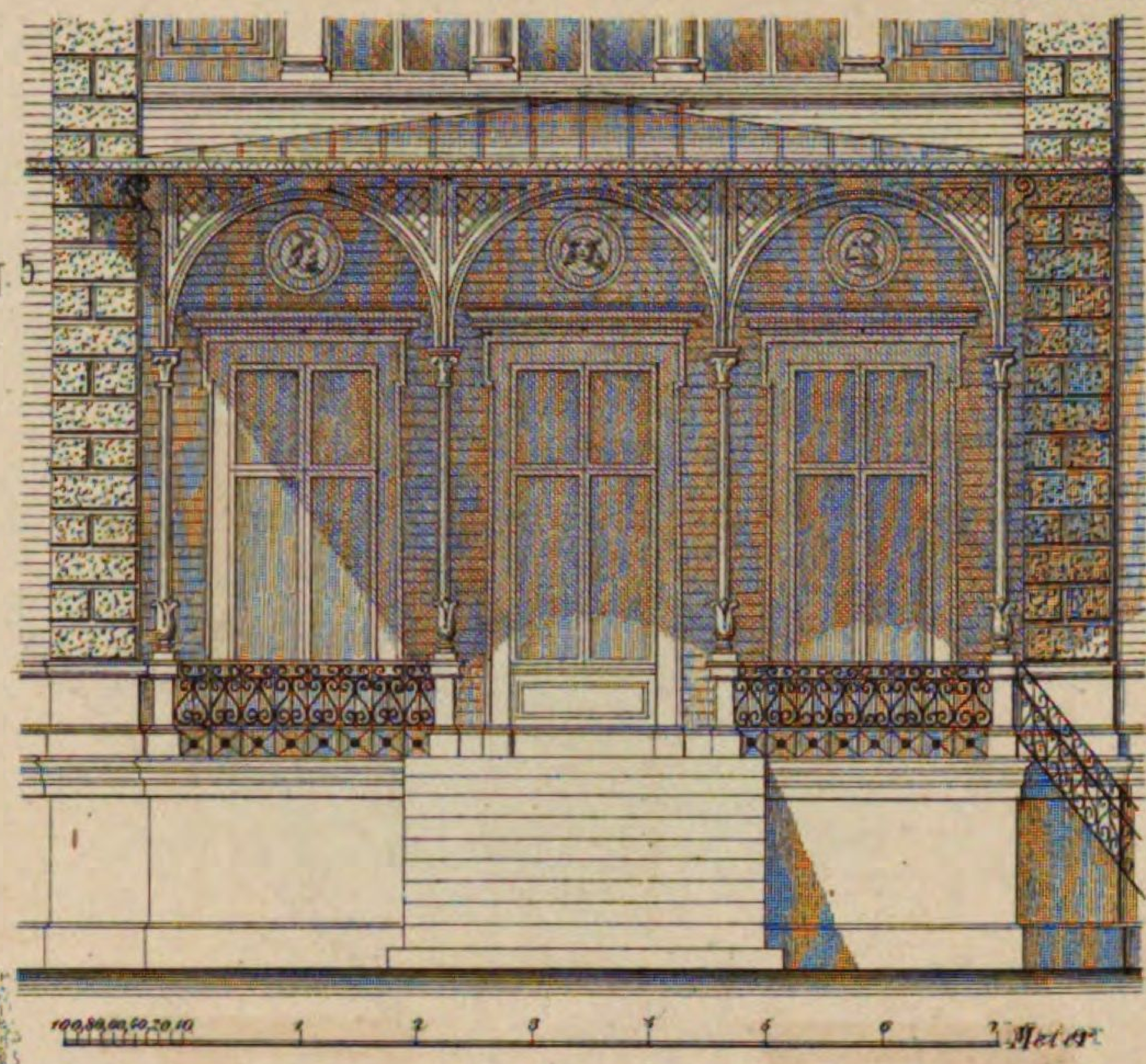


Fig. 5.

Fig. 9. Querschnitt der Markthalle zu Berlin.

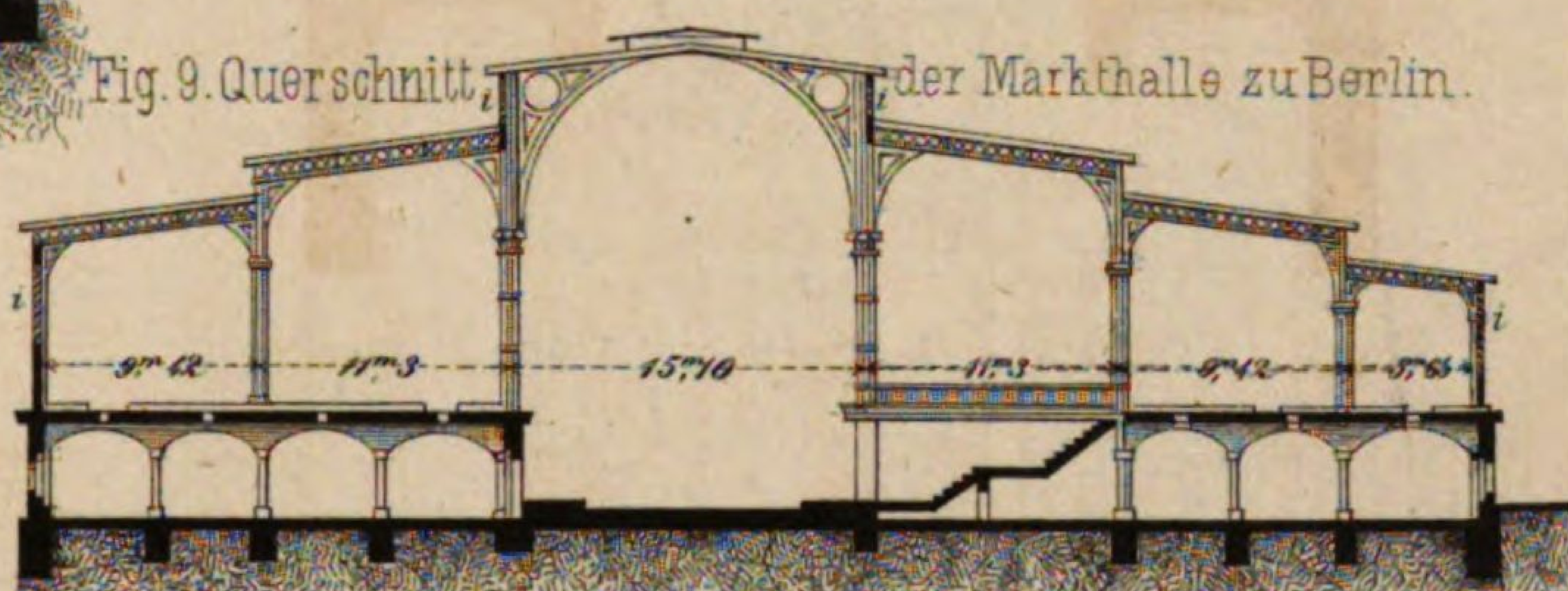


Fig. 8. Grundriss der Detailmarkthalle zu Wien.

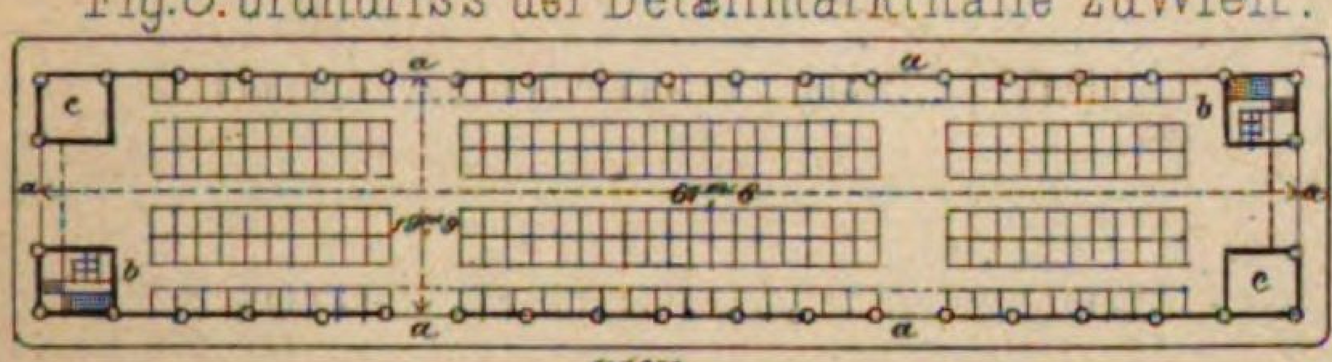


Fig. 17. Grundriss des Kl. Warmhauses.

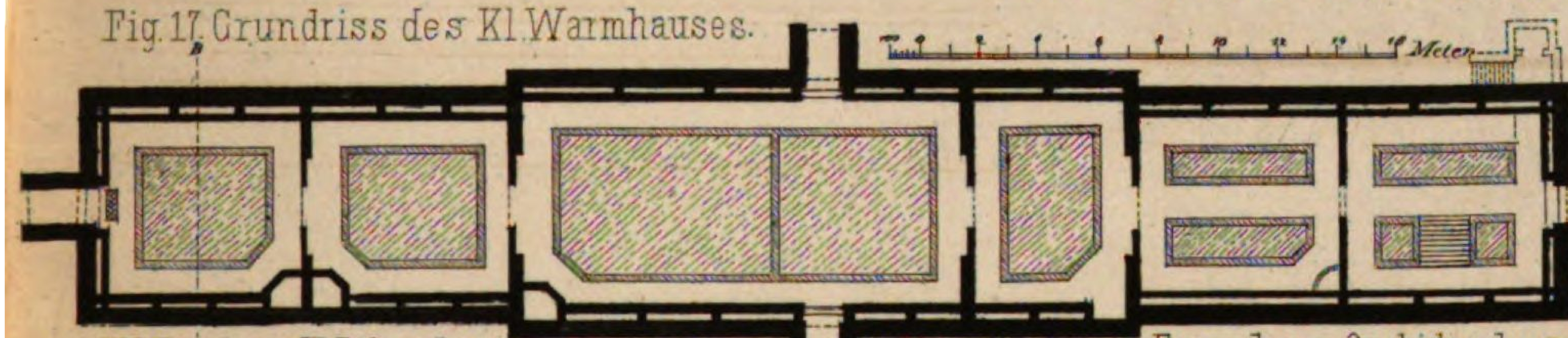


Fig. 10. Grundriss zu Fig. 9.

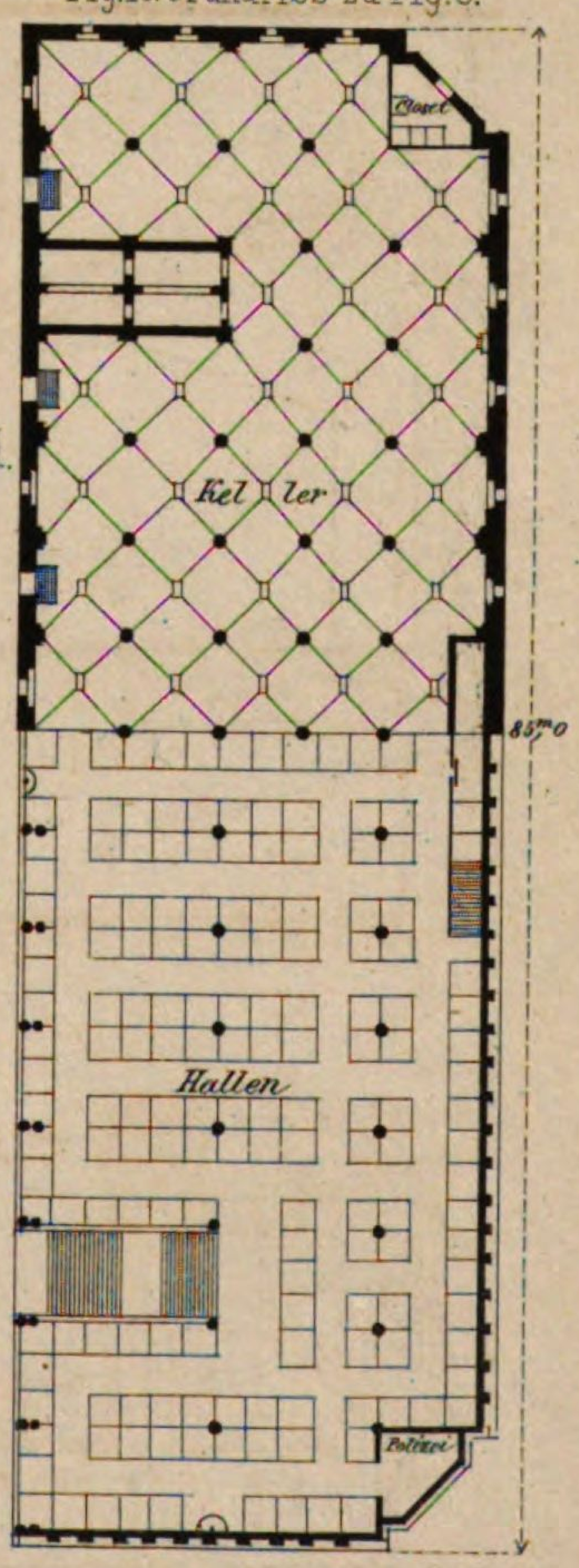


Fig. 12. Hallen des Central-Viehmarktes zu Paris. Erf. v. Baltard.

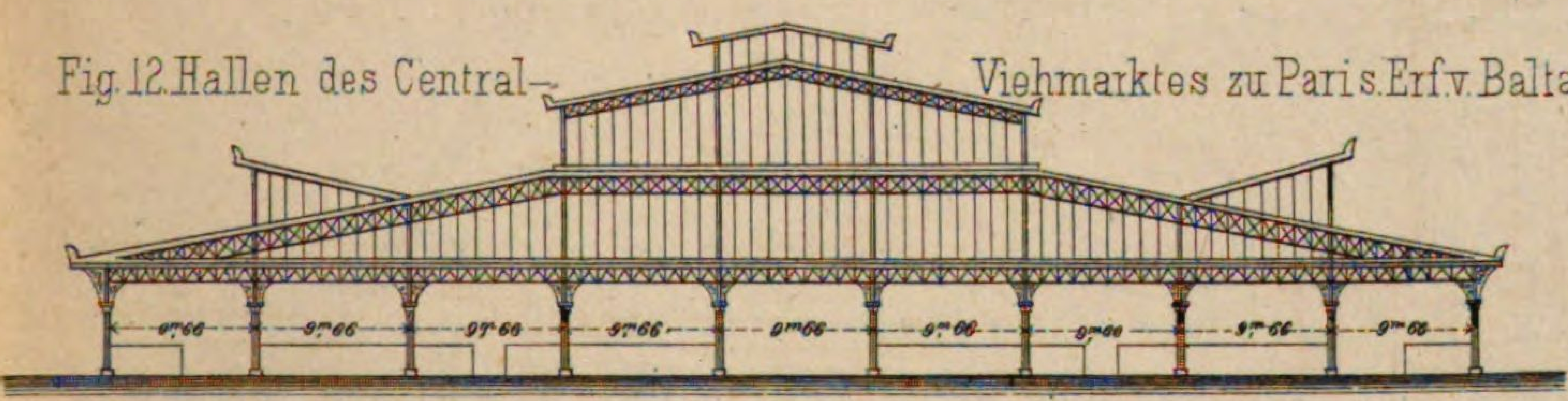


Fig. 13. Querschnitt durch die Hallen des Viehmarktes.

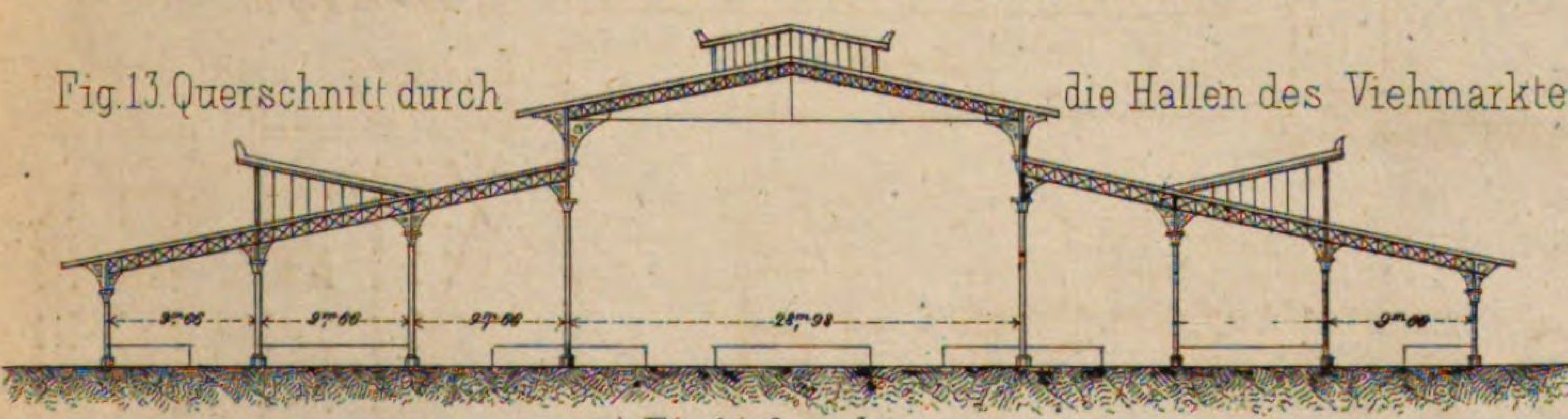
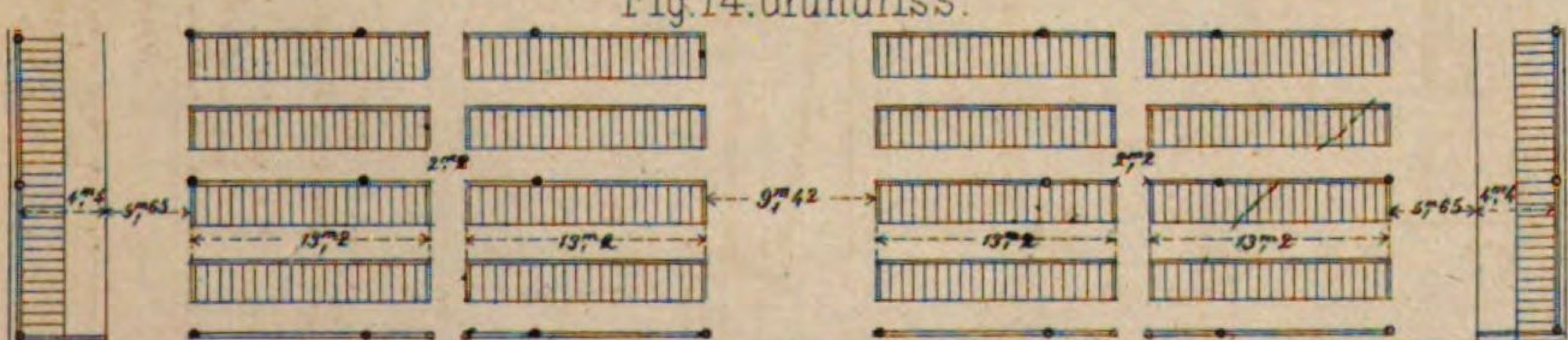
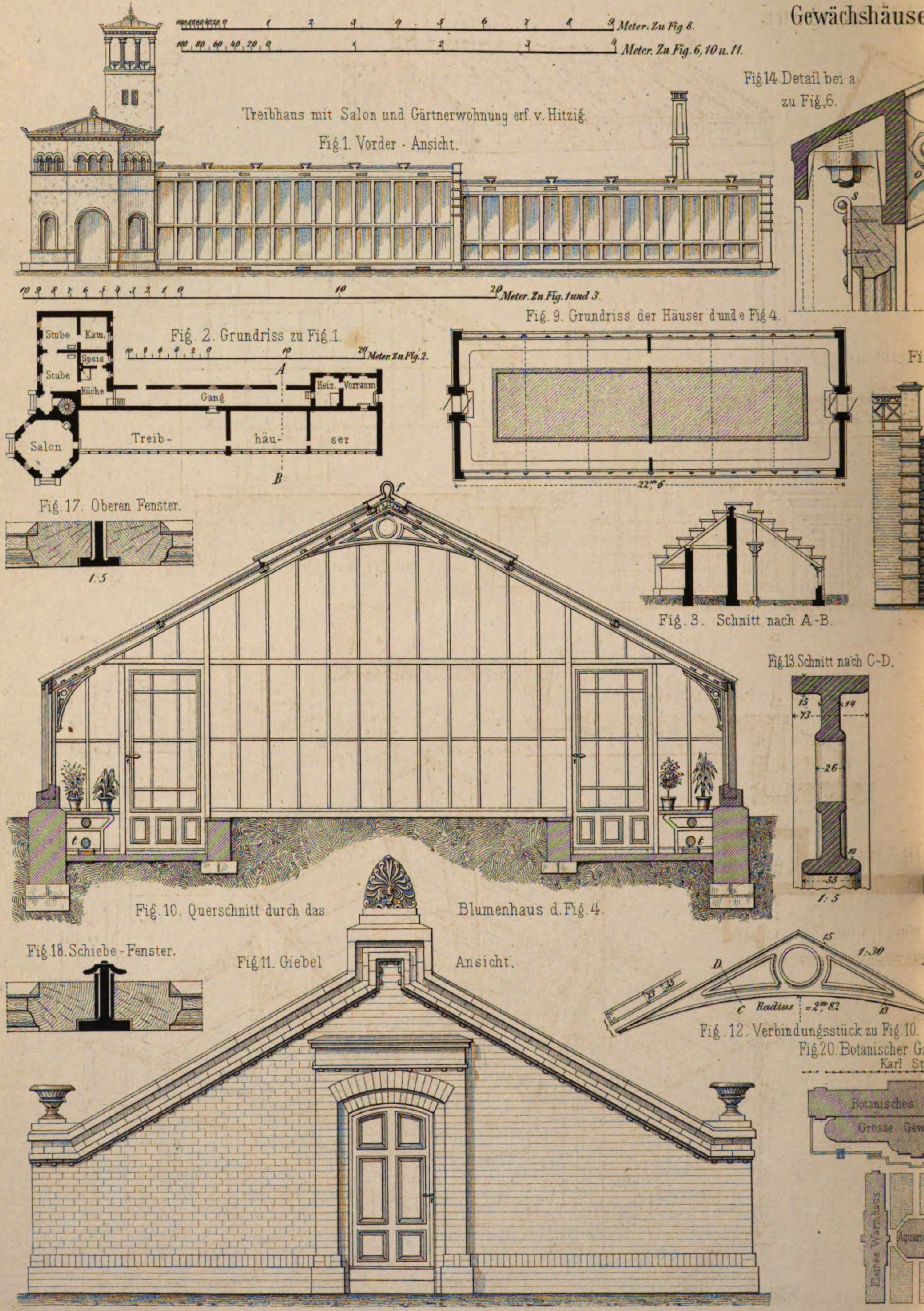


Fig. 14. Grundriss.



Gewächshäuse



Klasen, Eisenconstruction.

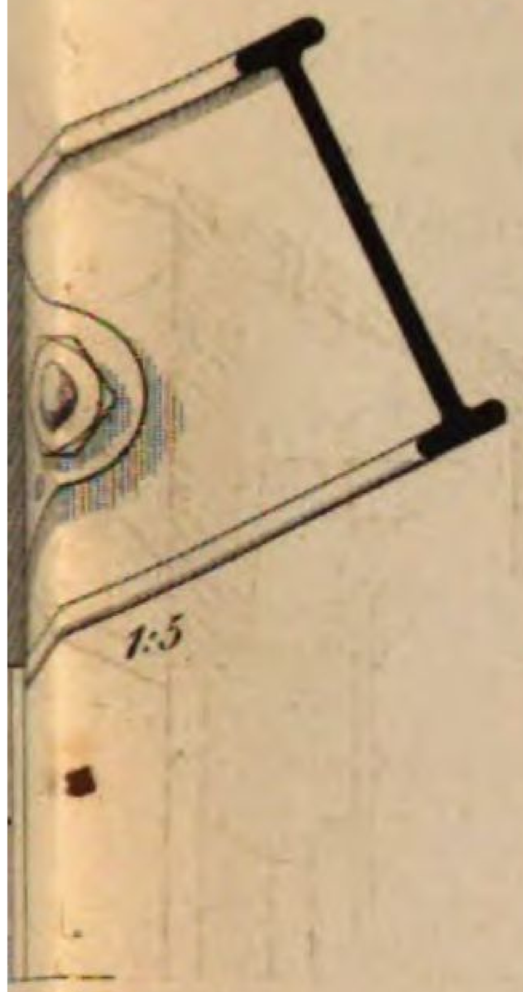


Fig. 19. Ansicht eines Treibhauses

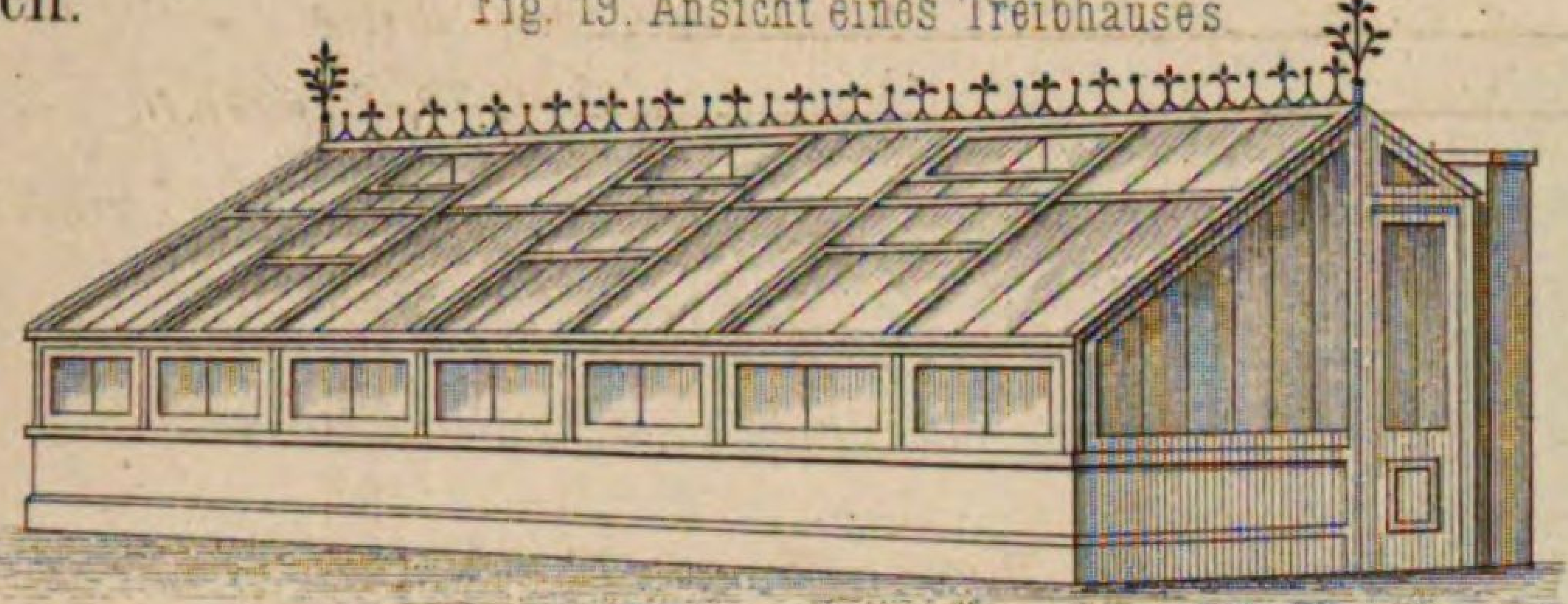
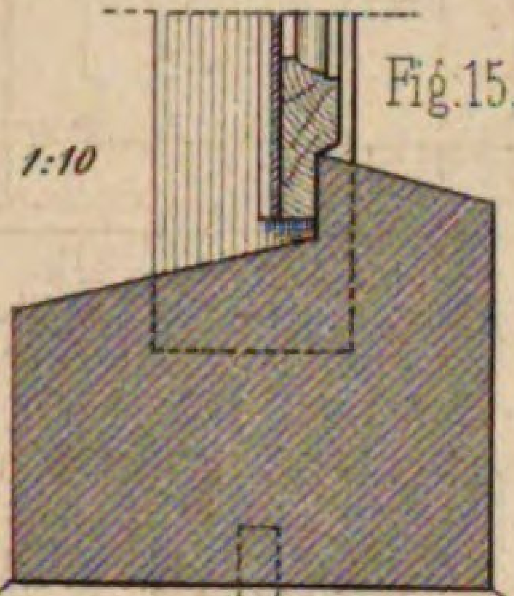


Fig. 15. Detail bei b Fig. 6.



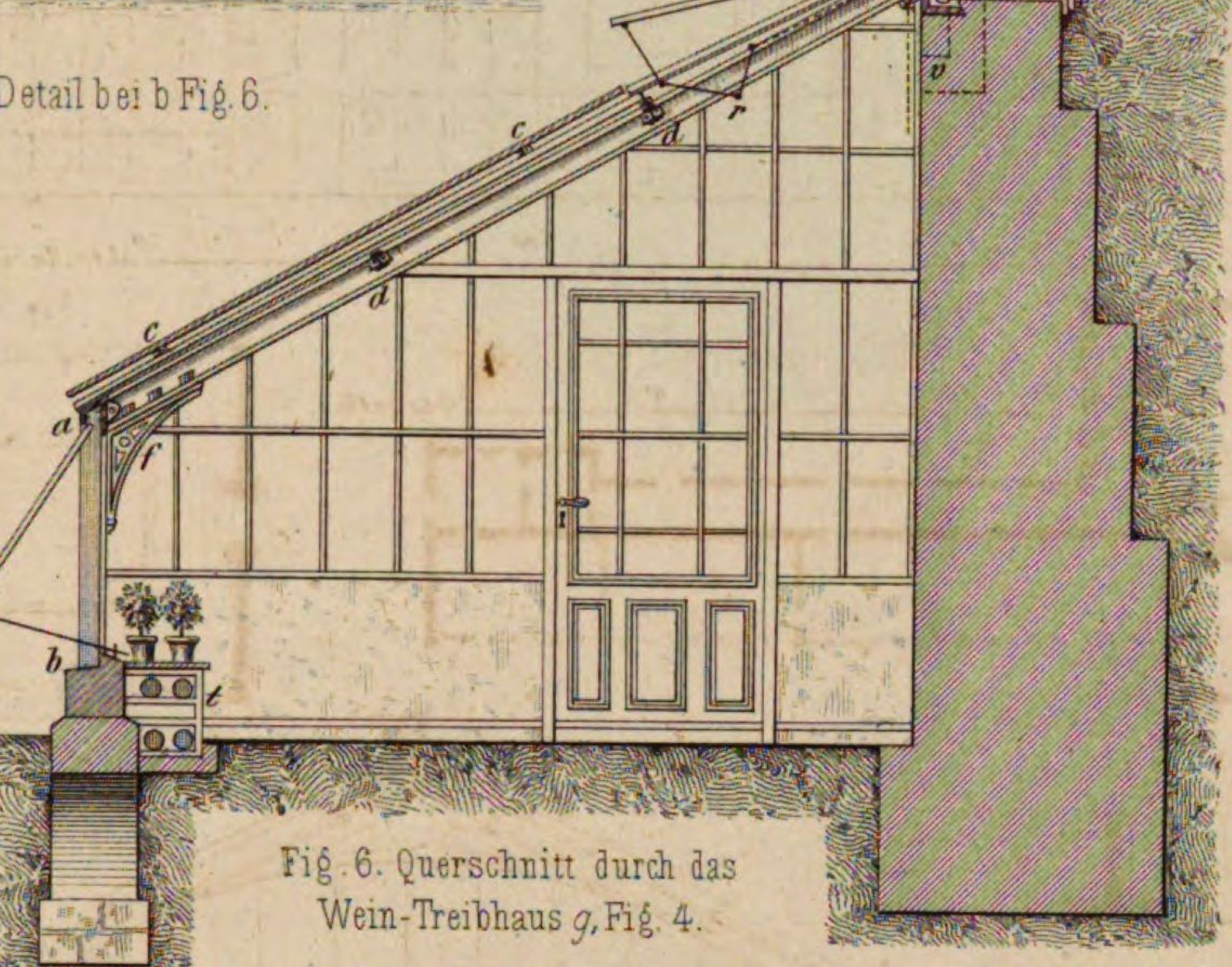


Fig. 6. Querschnitt durch das Wein-Treibhaus g, Fig. 4.

…8. Ansicht zu Fig. 6.

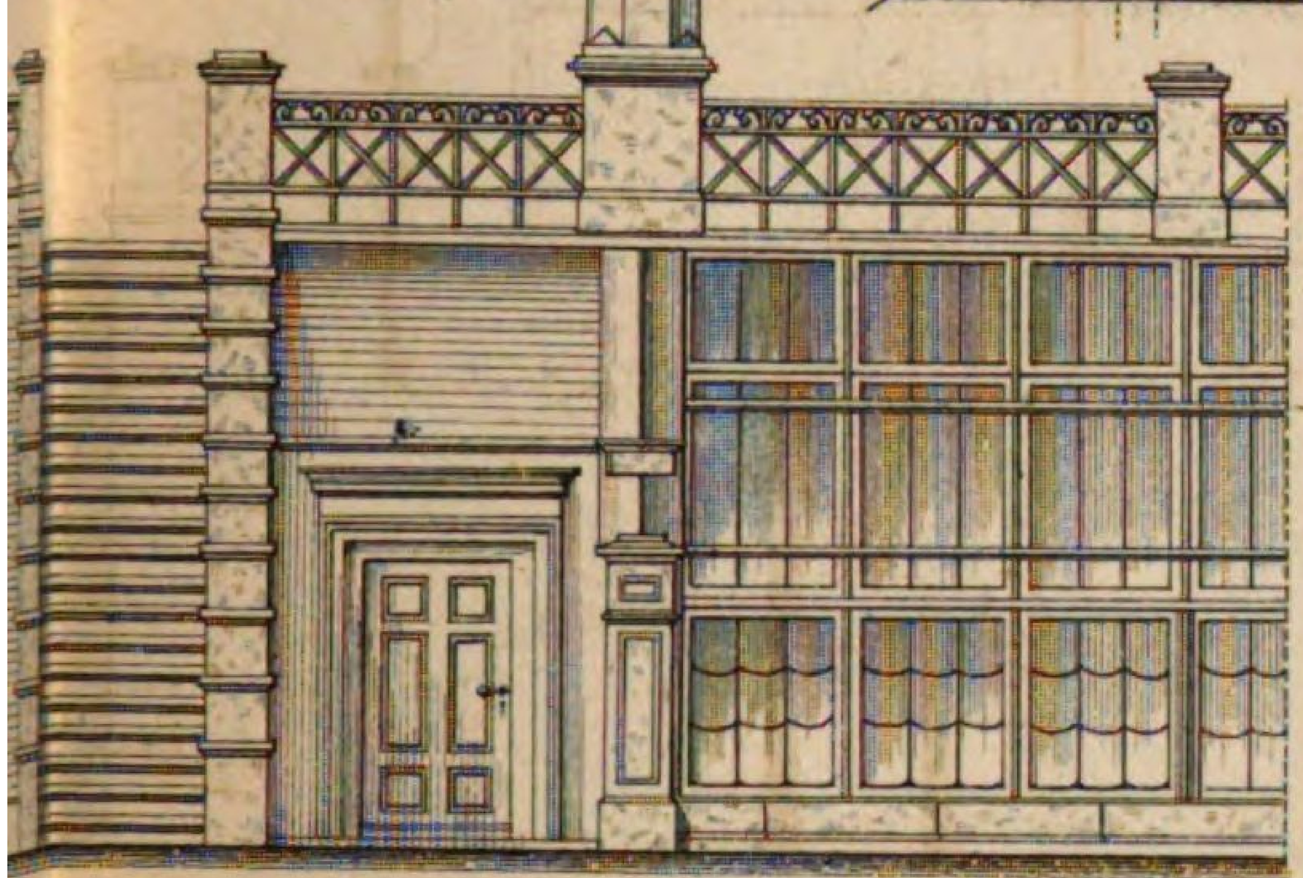


Fig. 5. Schnitt nach E-F.

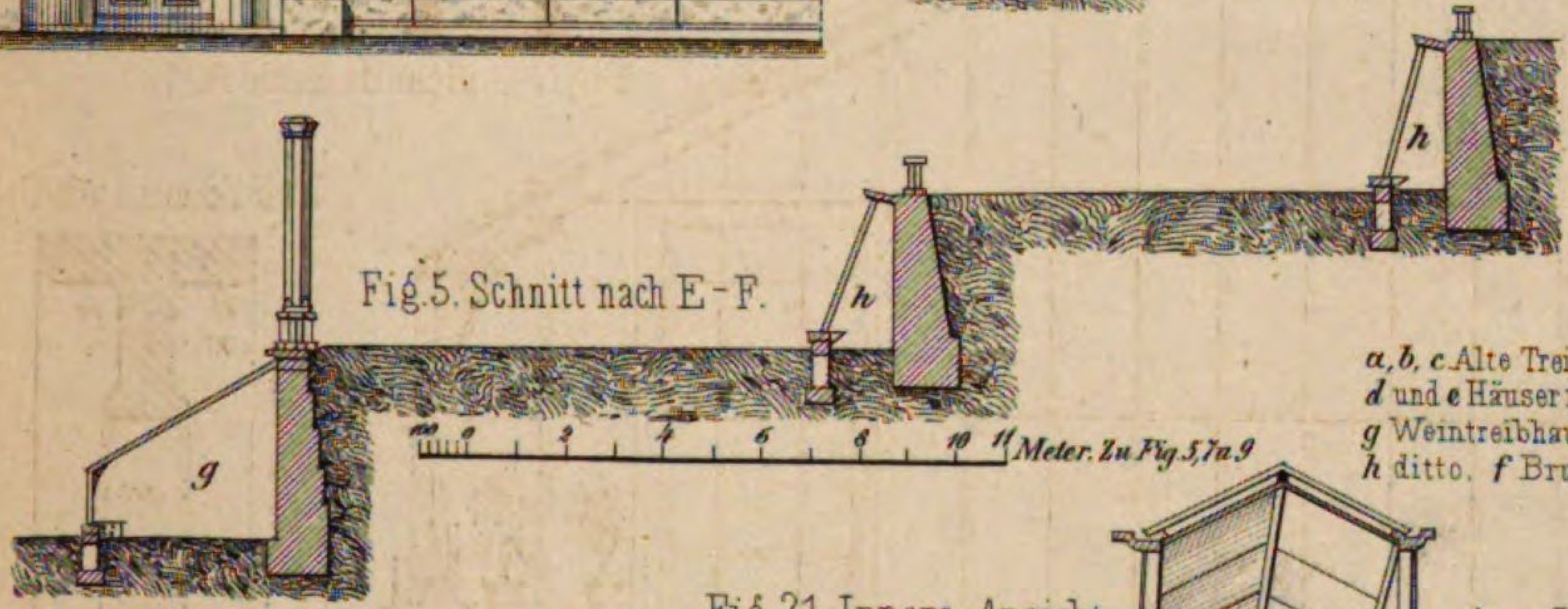
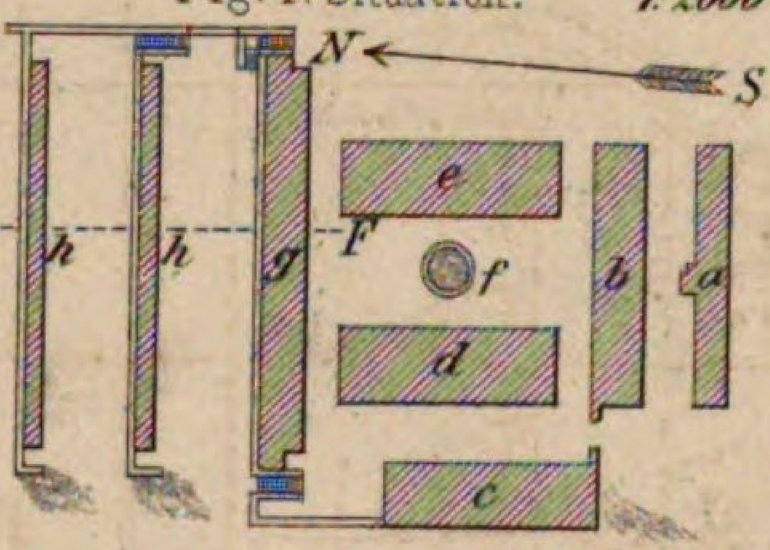


Fig. 4. Situation. 1:2000



a, b, c Alte Treibhäuser.
d und e Häuser nach Fig. 10.
g Weintreibhaus.
h ditto. f Brunnen.

Fig. 7. Grundriss.

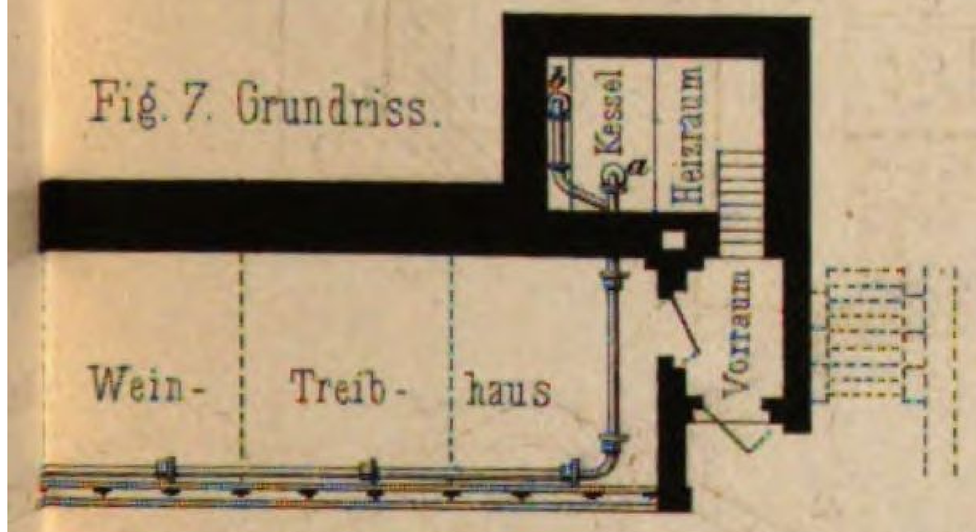
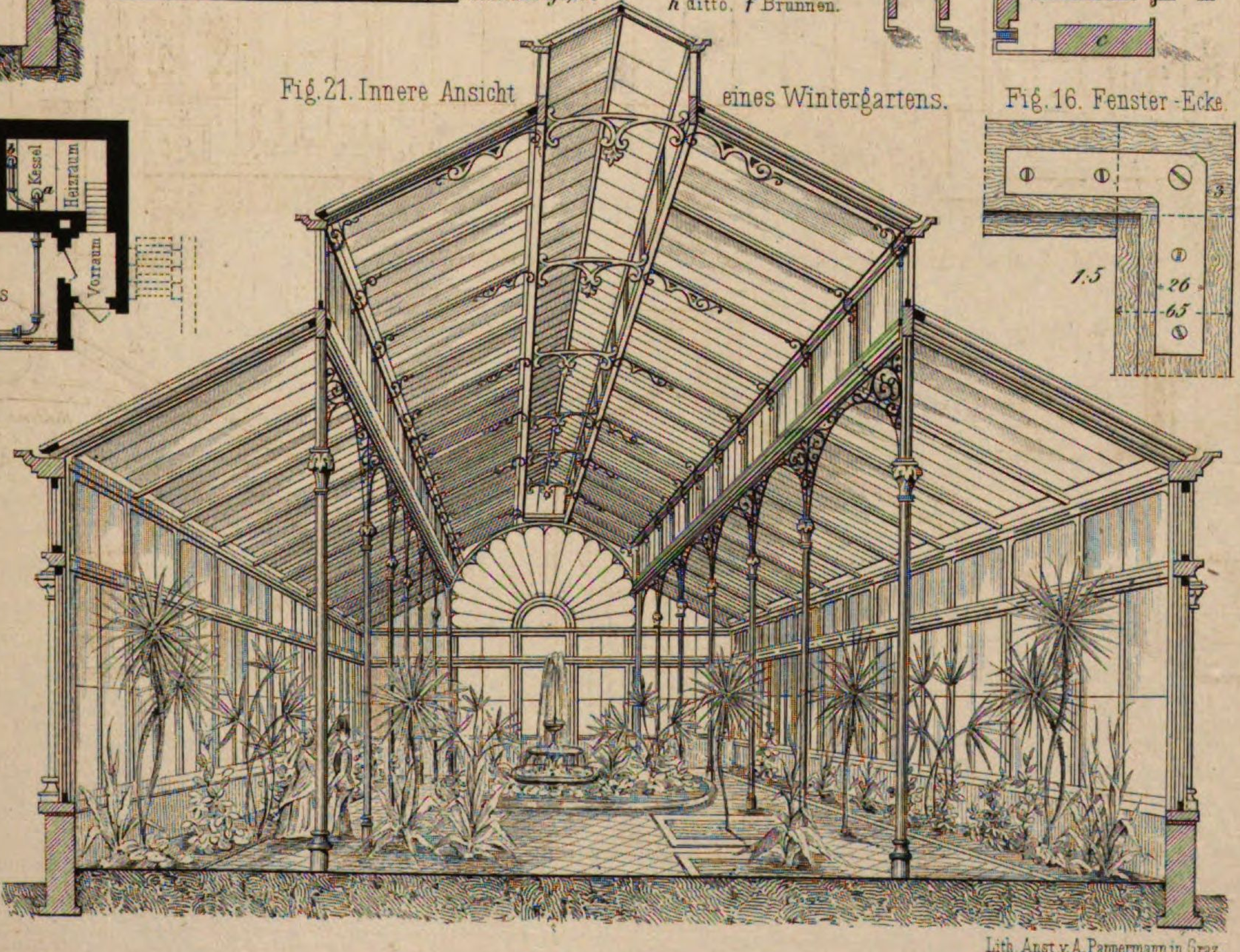
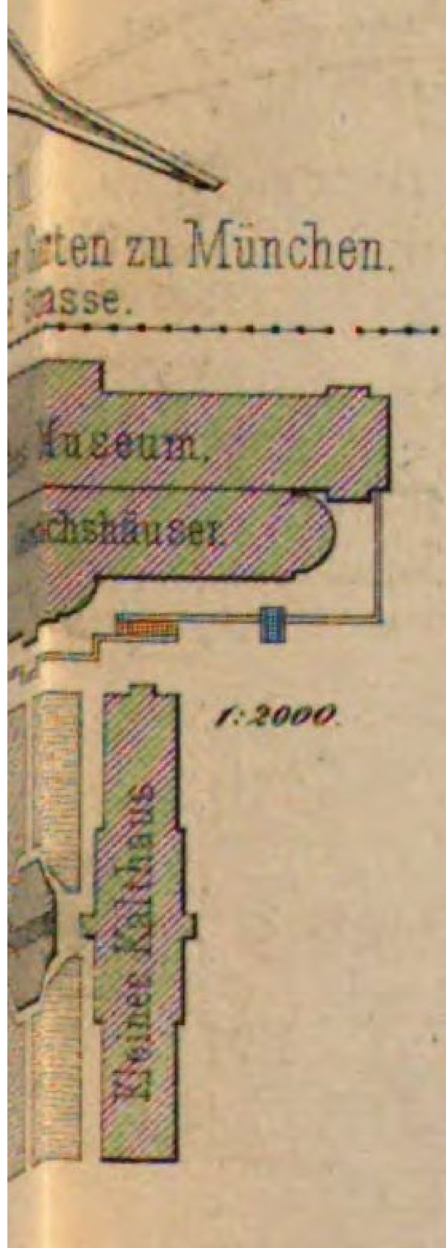


Fig. 21. Innere Ansicht eines Wintergartens.

Fig. 16. Fenster-Ecke.



…ten zu München.
…asse.



Lith. Anst. v. A. Pappermann in Graz.

Oberlichte, Tre

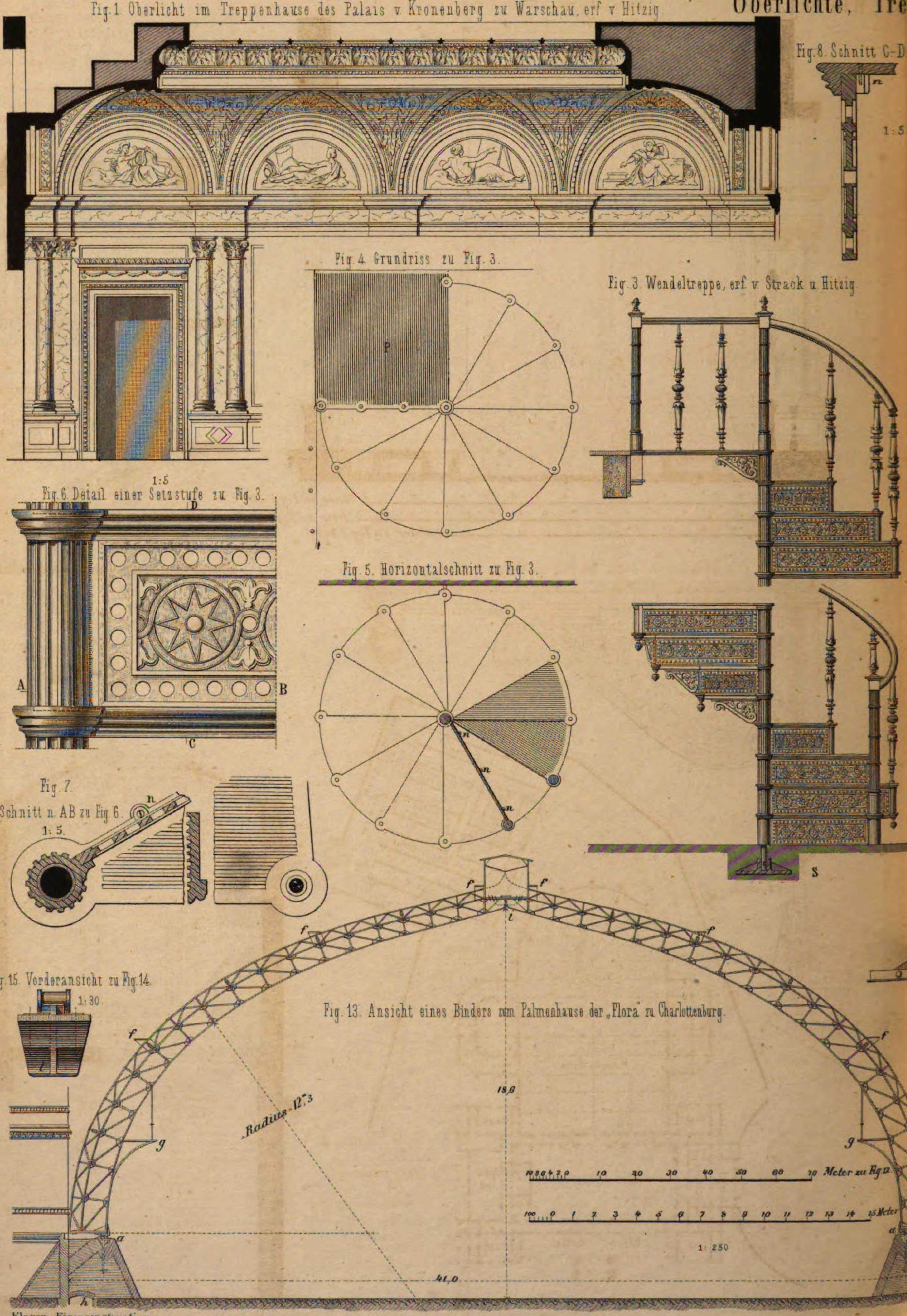


Fig. 1. Oberlicht im Treppenhause des Palais v. Kronenberg zu Warschau. erf. v. Hitzig.

Fig. 8. Schnitt C-D

Fig. 4. Grundriss zu Fig. 3.

Fig. 3. Wendeltreppe, erf. v. Strack u. Hitzig.

Fig. 6. Detail einer Setzstufe zu Fig. 3.

Fig. 5. Horizontalschnitt zu Fig. 3.

Fig. 7. Schnitt n. AB zu Fig. 6.

Fig. 15. Vorderansicht zu Fig. 14.

Fig. 13. Ansicht eines Binders zum Palmenhause der „Flora" zu Charlottenburg.

…n, Wintergärten.

Fig 2. Querschnitt d. d. Wintergarten.

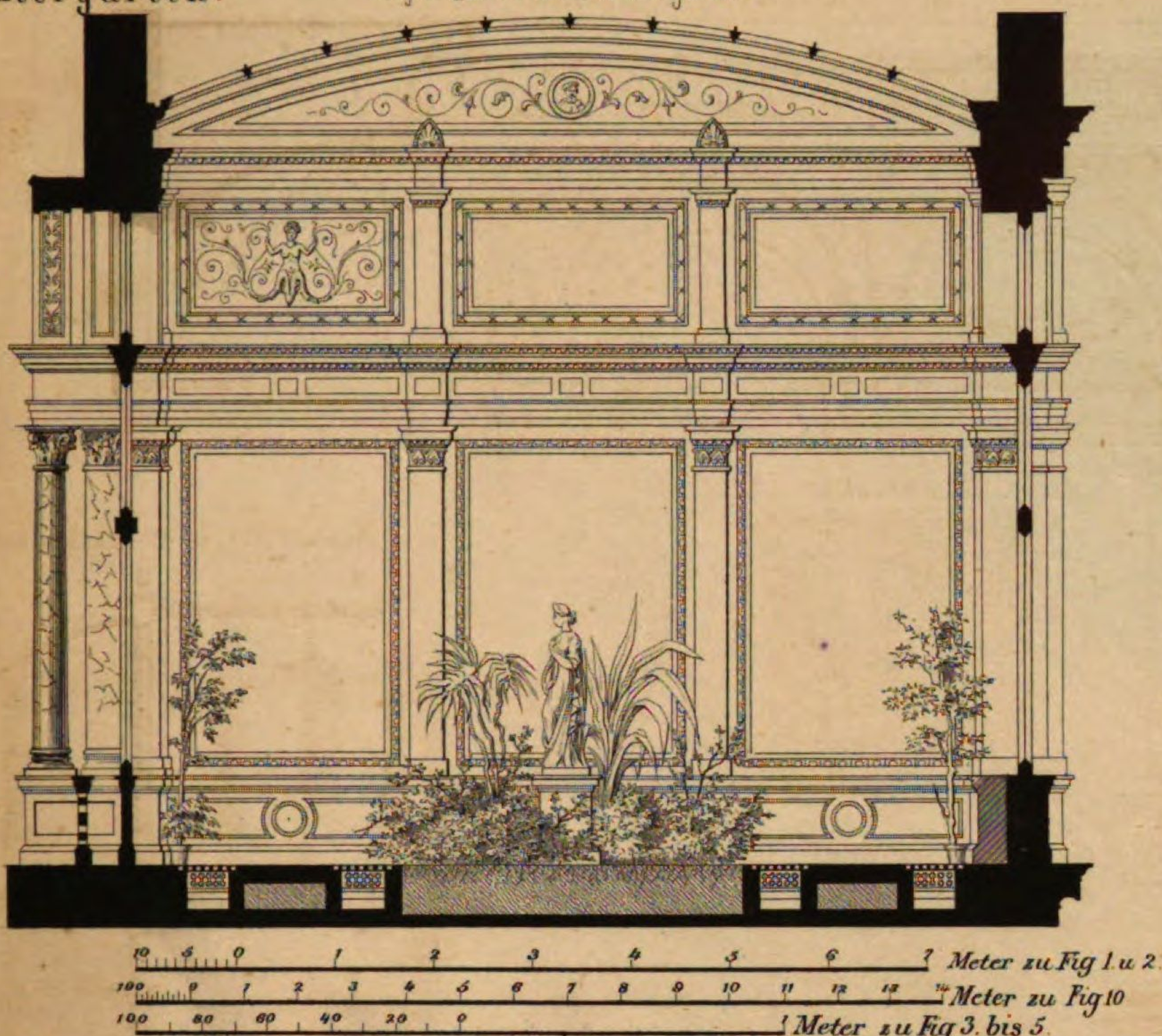


Fig. 10. Eiserne Treppe im Universitäts Gebäude zu Rostock Erfund. v. Willebrand.

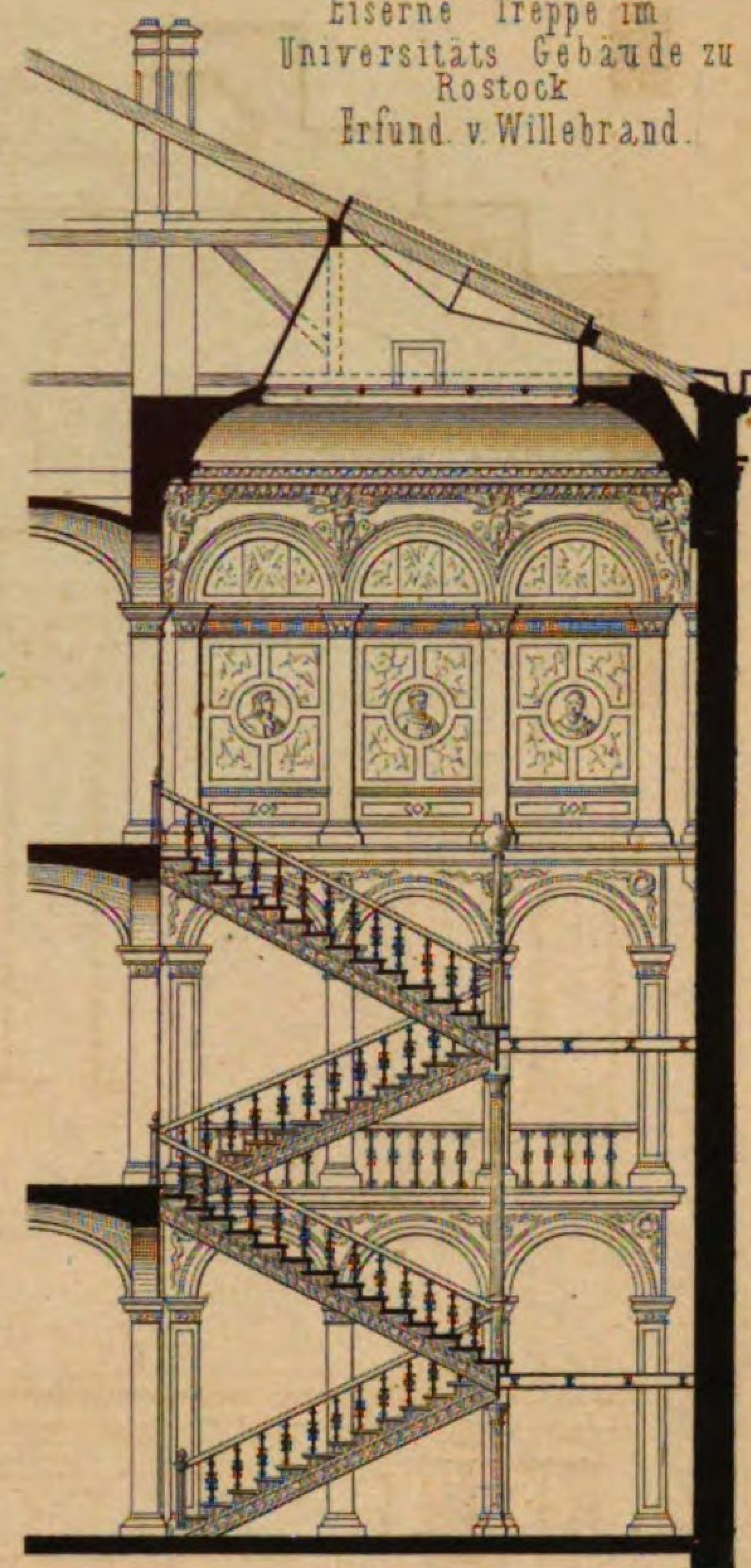
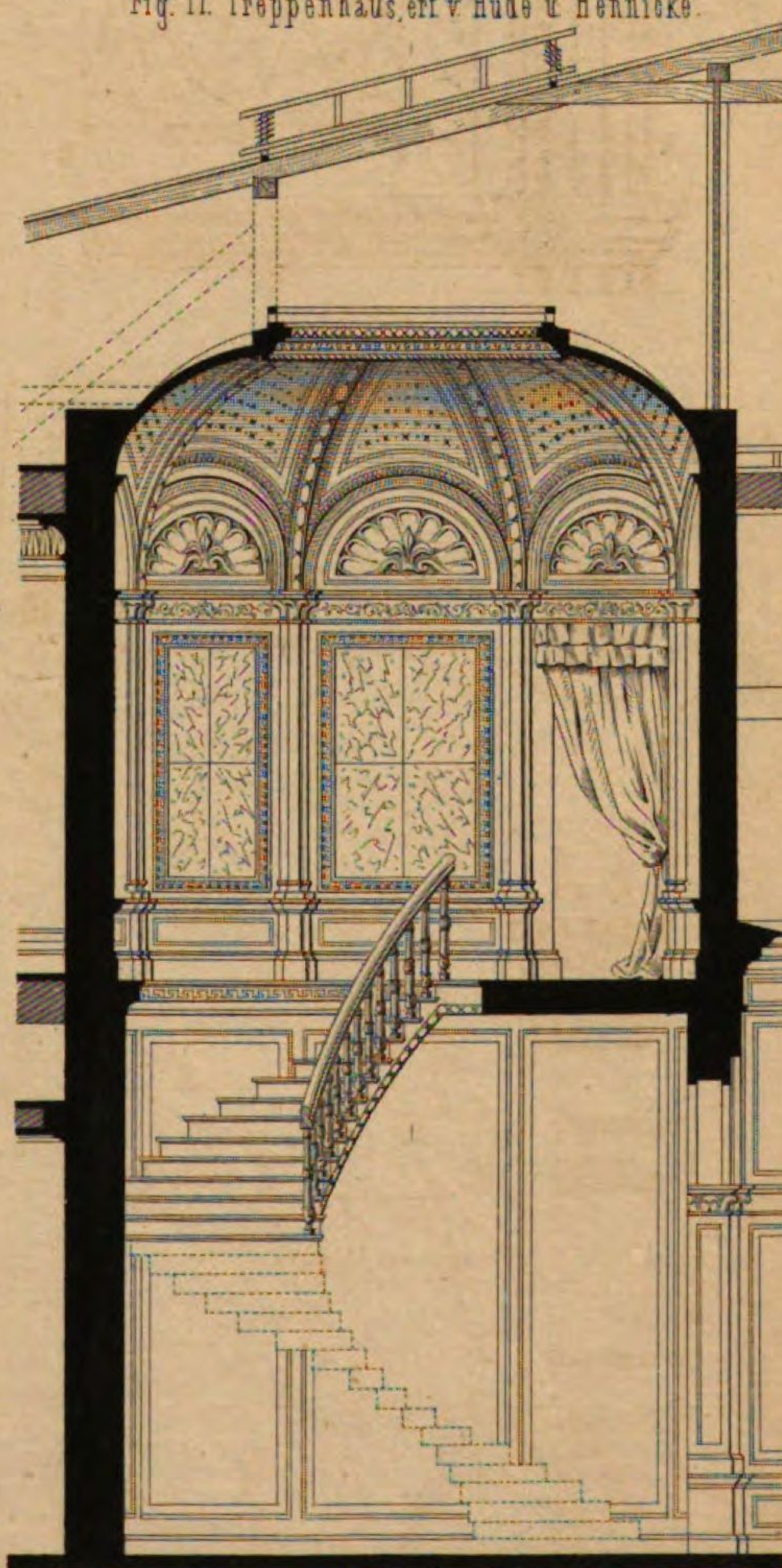


Fig 9. Consolen zur Wendeltreppe Fig. 3.



Fig. 11. Treppenhaus, erf. v. Hude u. Hennicke.



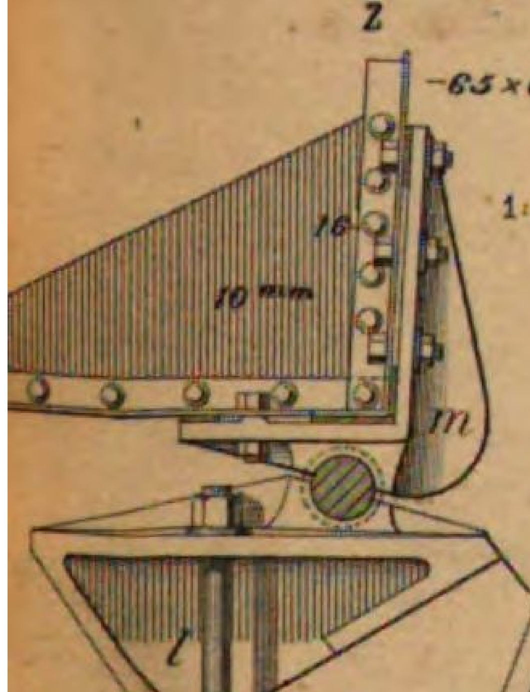


Fig. 14. Auflager

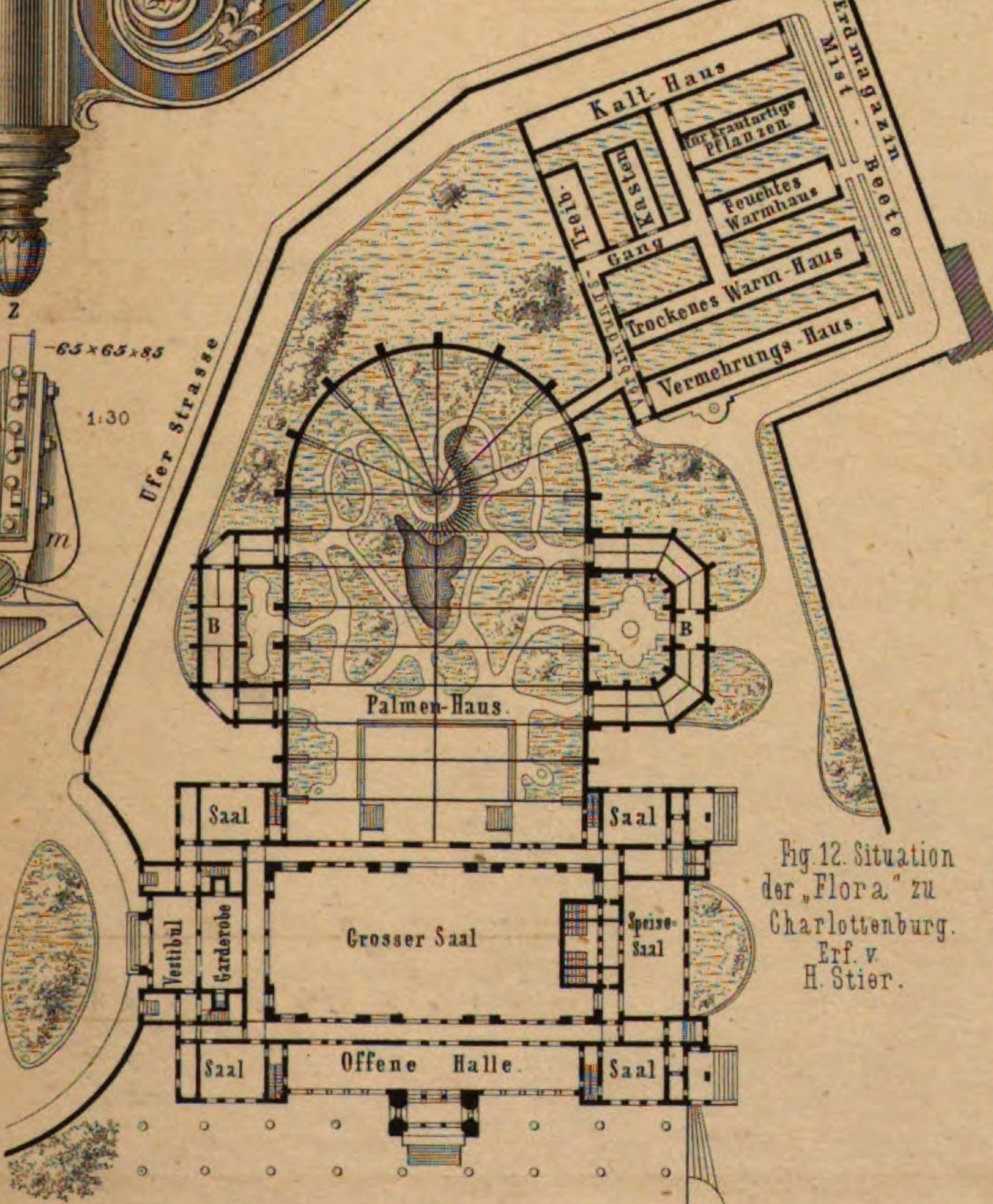


Fig. 12. Situation der „Flora" zu Charlottenburg. Erf. v. H. Stier.

Art. Inst. für Lithographie. C. Hacker. Fürsten Str. 5. Berlin S.

Fig. 1. Querschnitt durch einen Pavillon der Pariser Central-Hallen

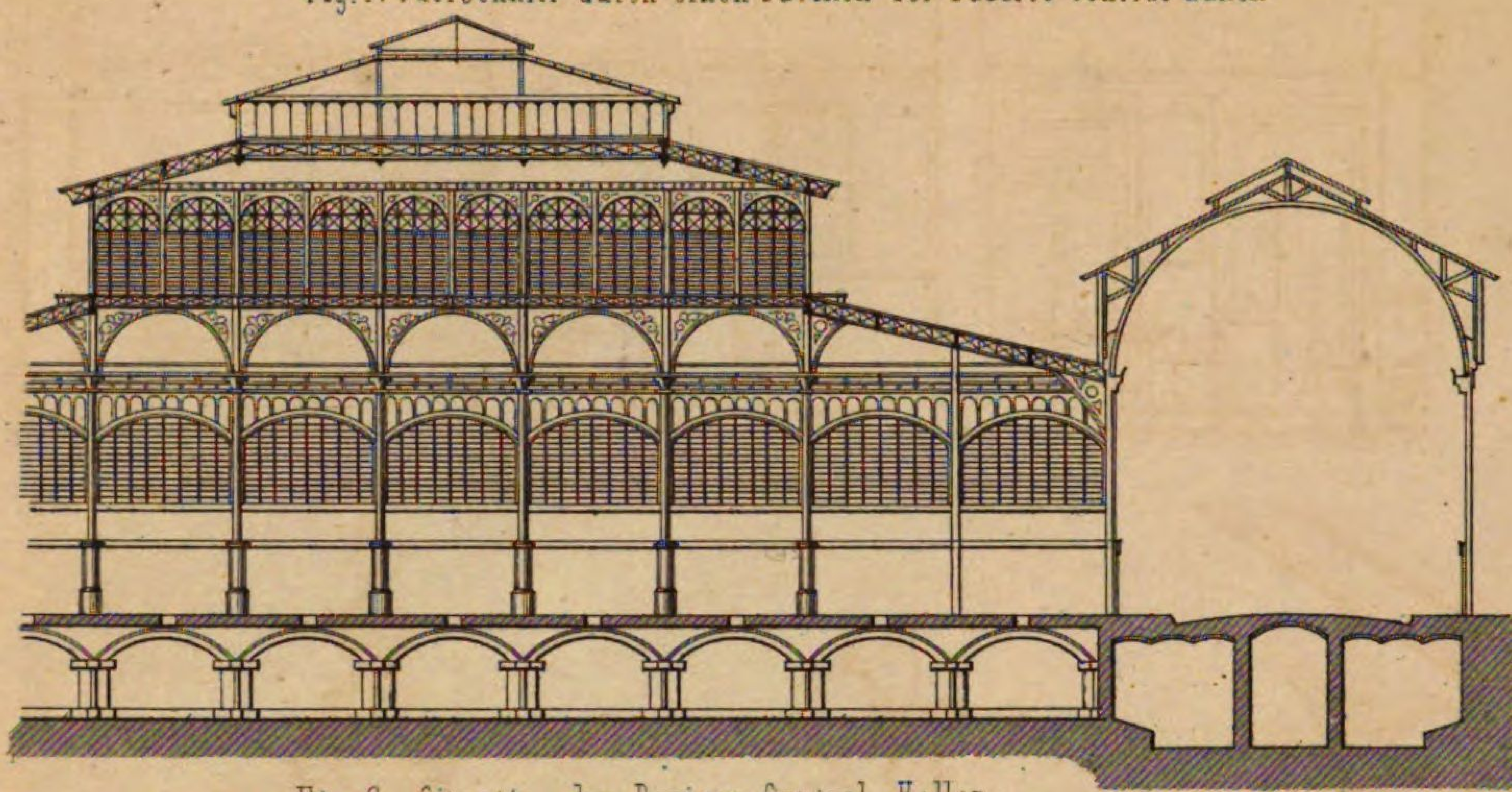
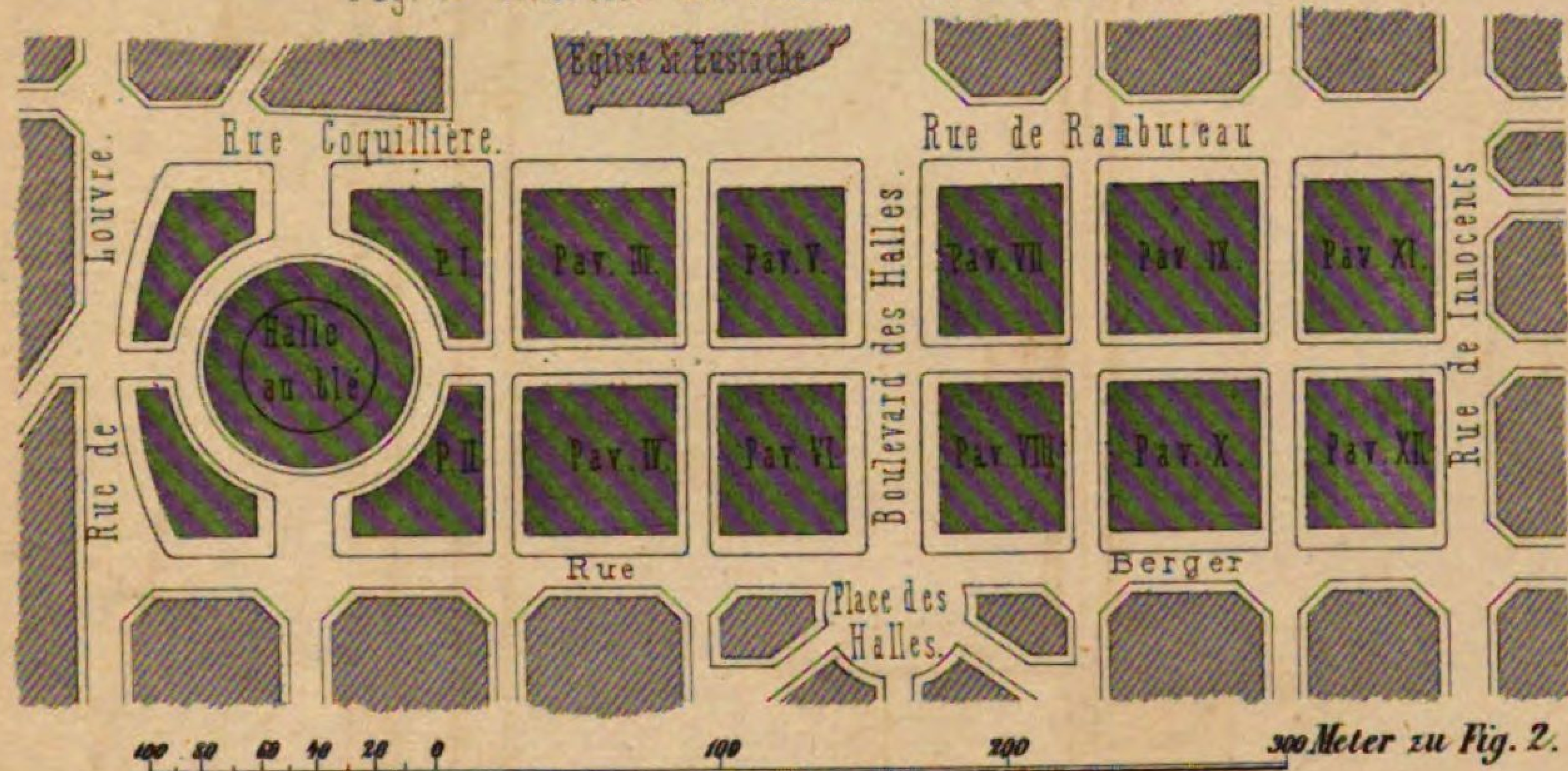


Fig. 2. Situation der Pariser Central-Hallen.



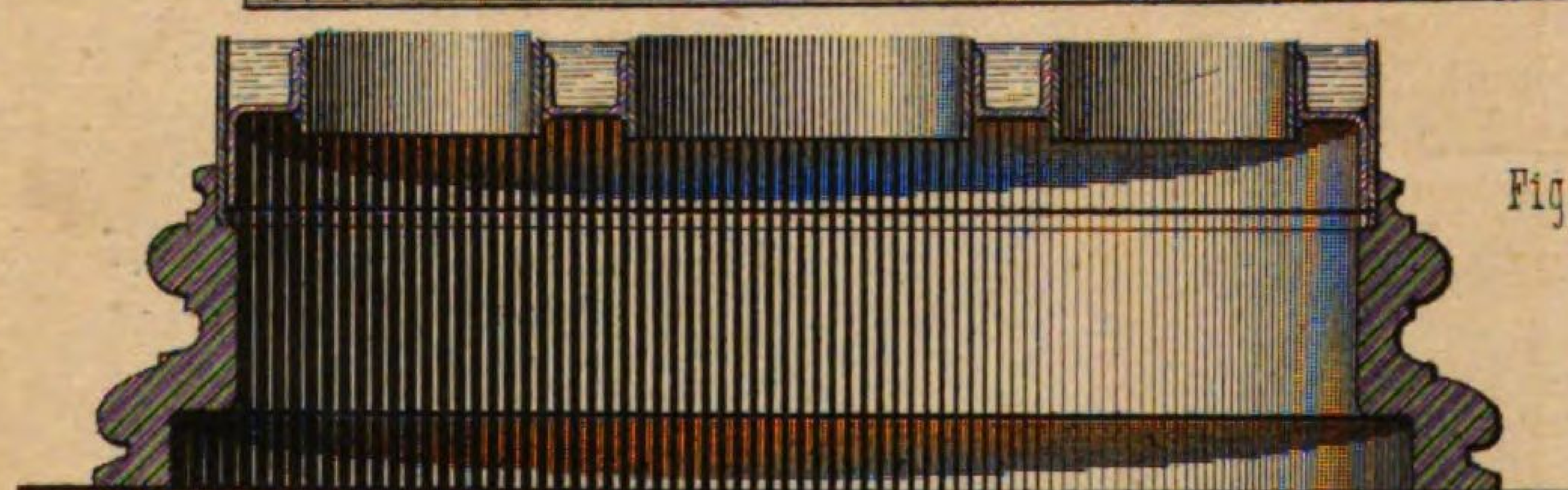


Fig. 14. Boden in einem Warmwasserheizofen. 1:6

Eiserne Schiebe-Thüren von den Güterschuppen des Potsd. Bahnh. zu Berlin.

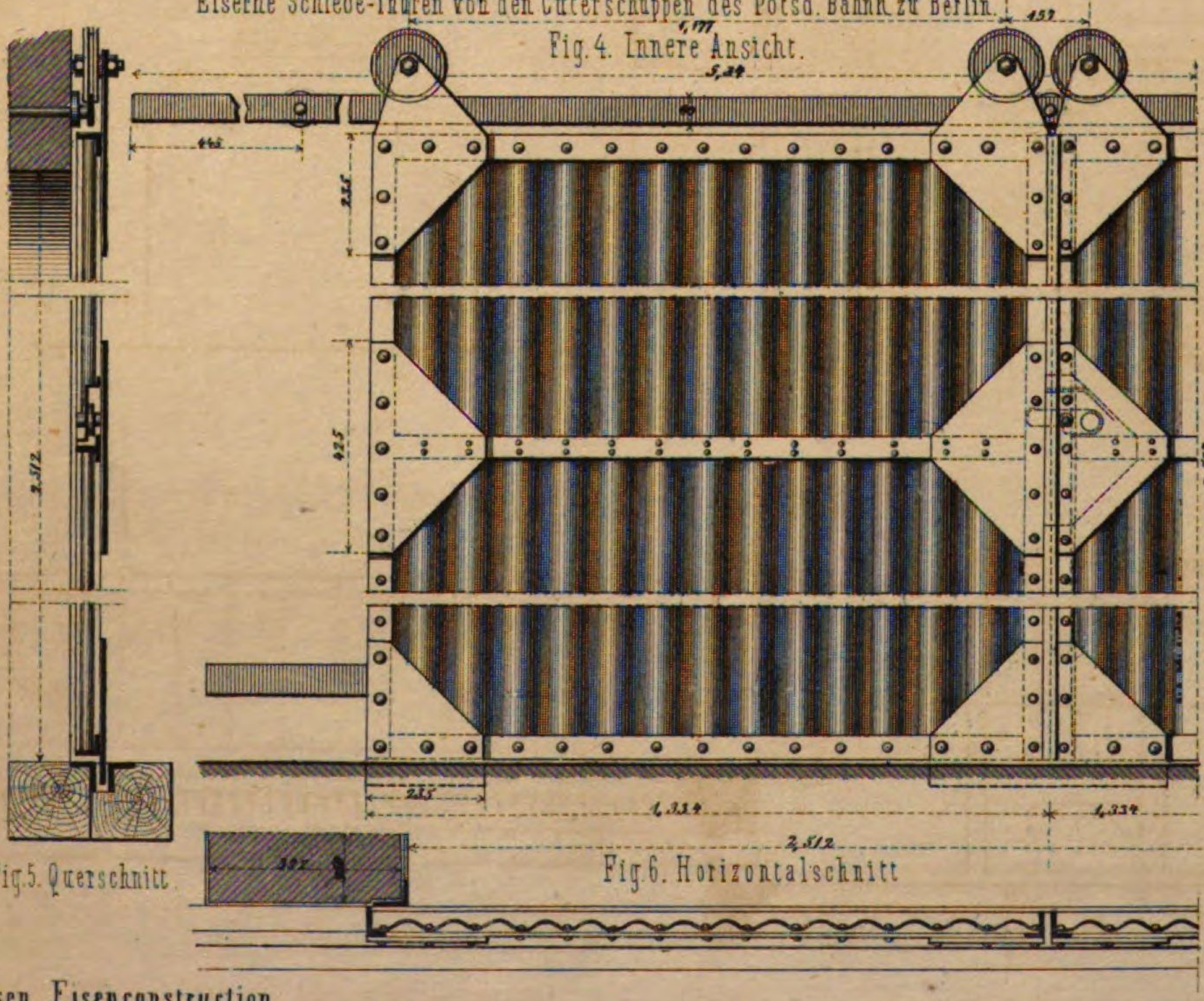
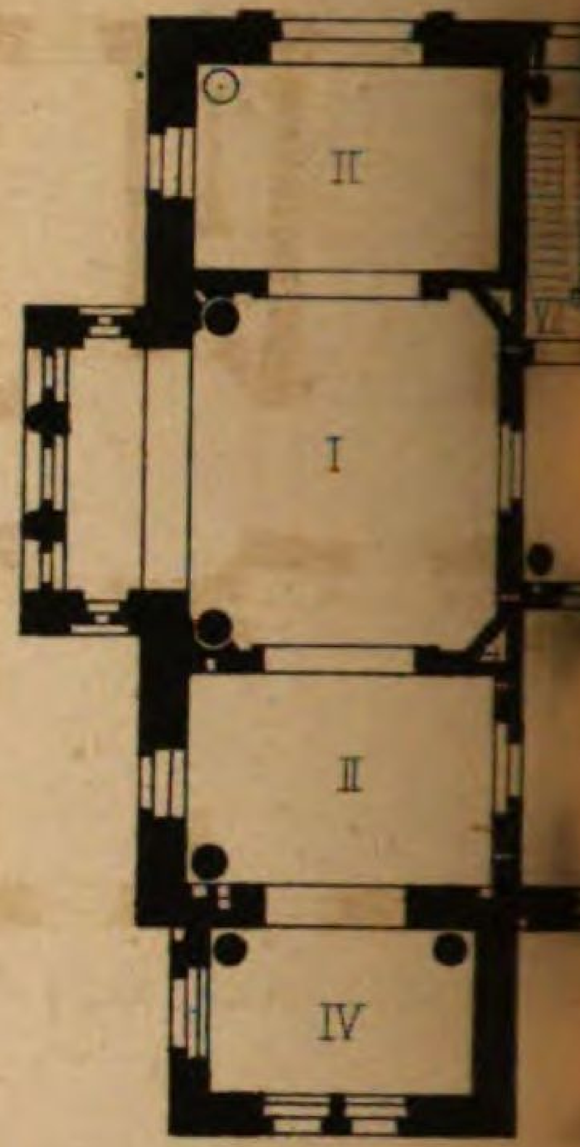


Fig. 5. Querschnitt

Fig. 6. Horizontalschnitt



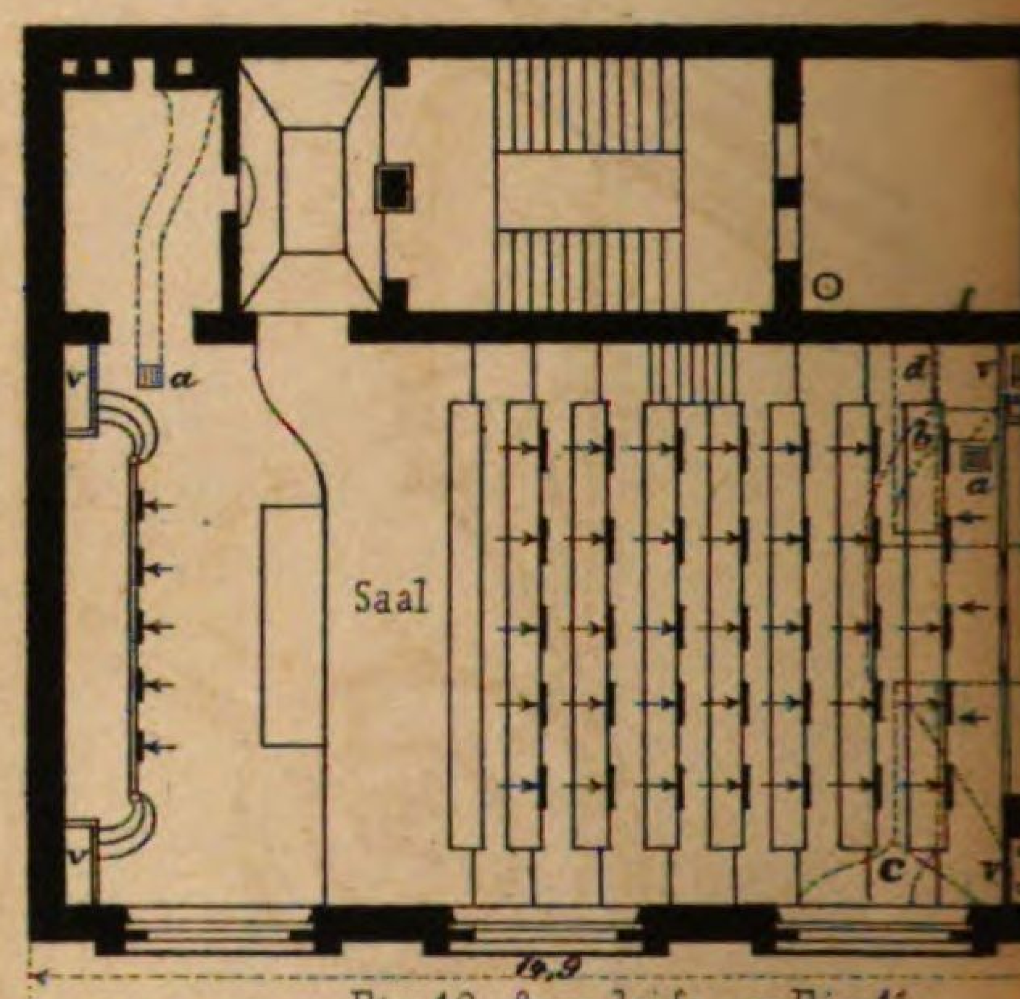


Fig. 12. Grundriss zu Fig. 11.

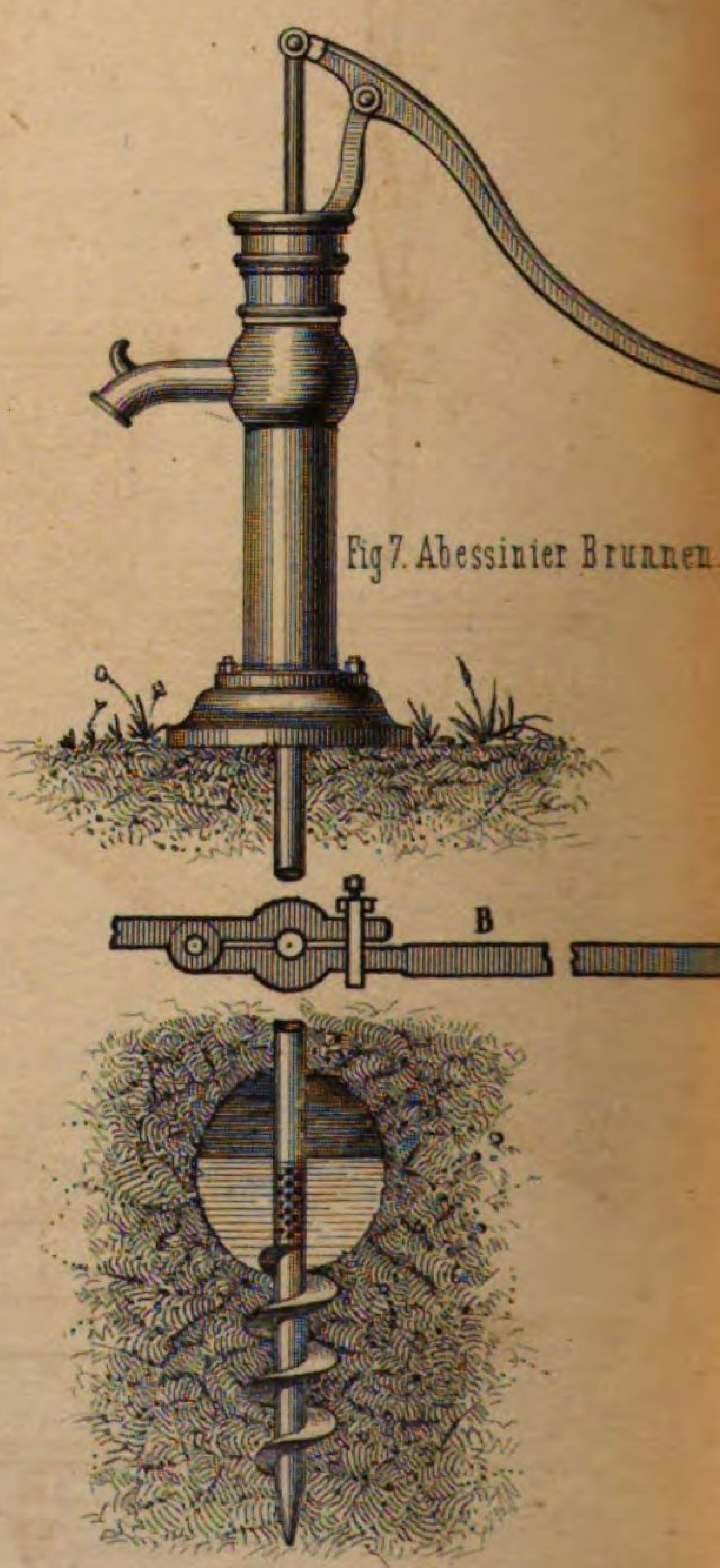
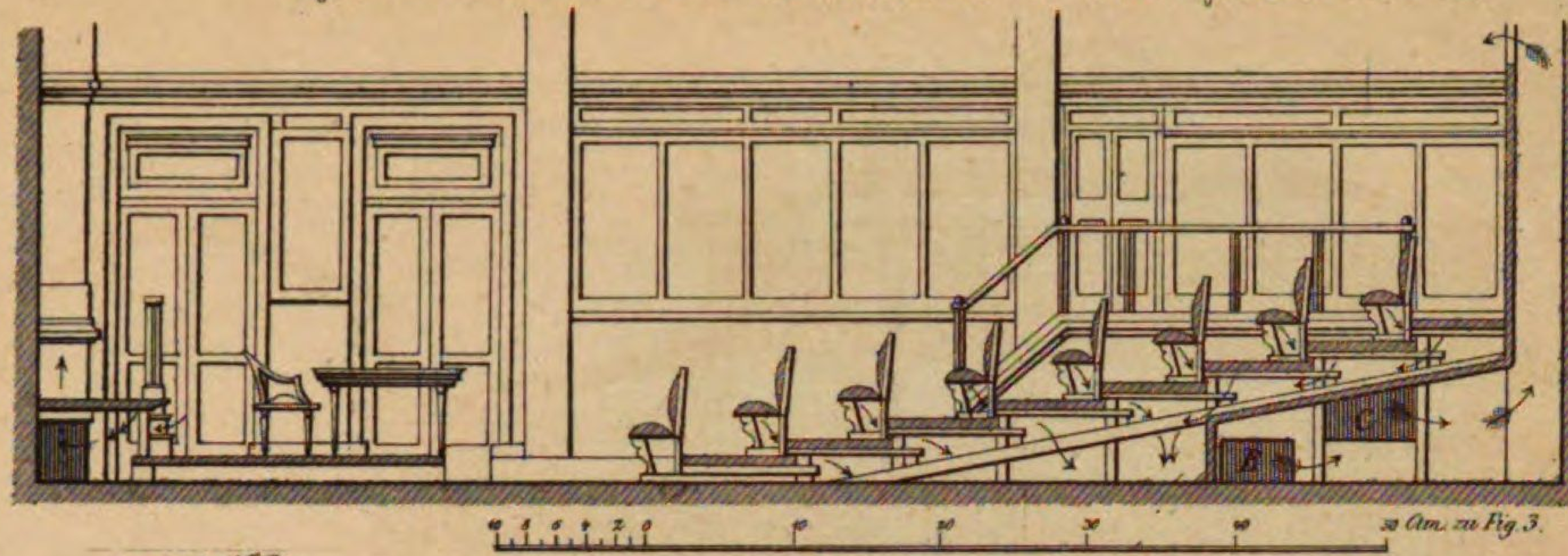
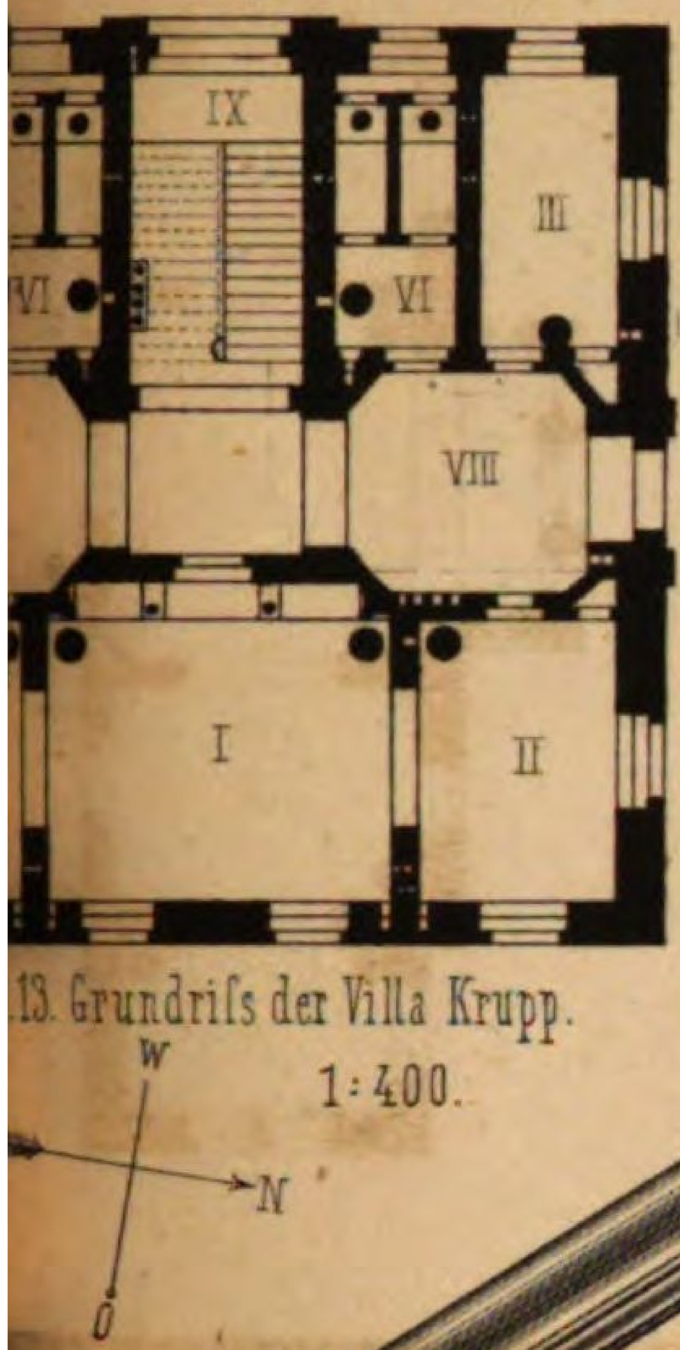


Fig 7. Abessinier Brunnen.

Fig. 11. Ventilation des Saales der Gesellschaft der Civilingenieure zu Paris.





13. Grundriss der Villa Krupp.
1:400.

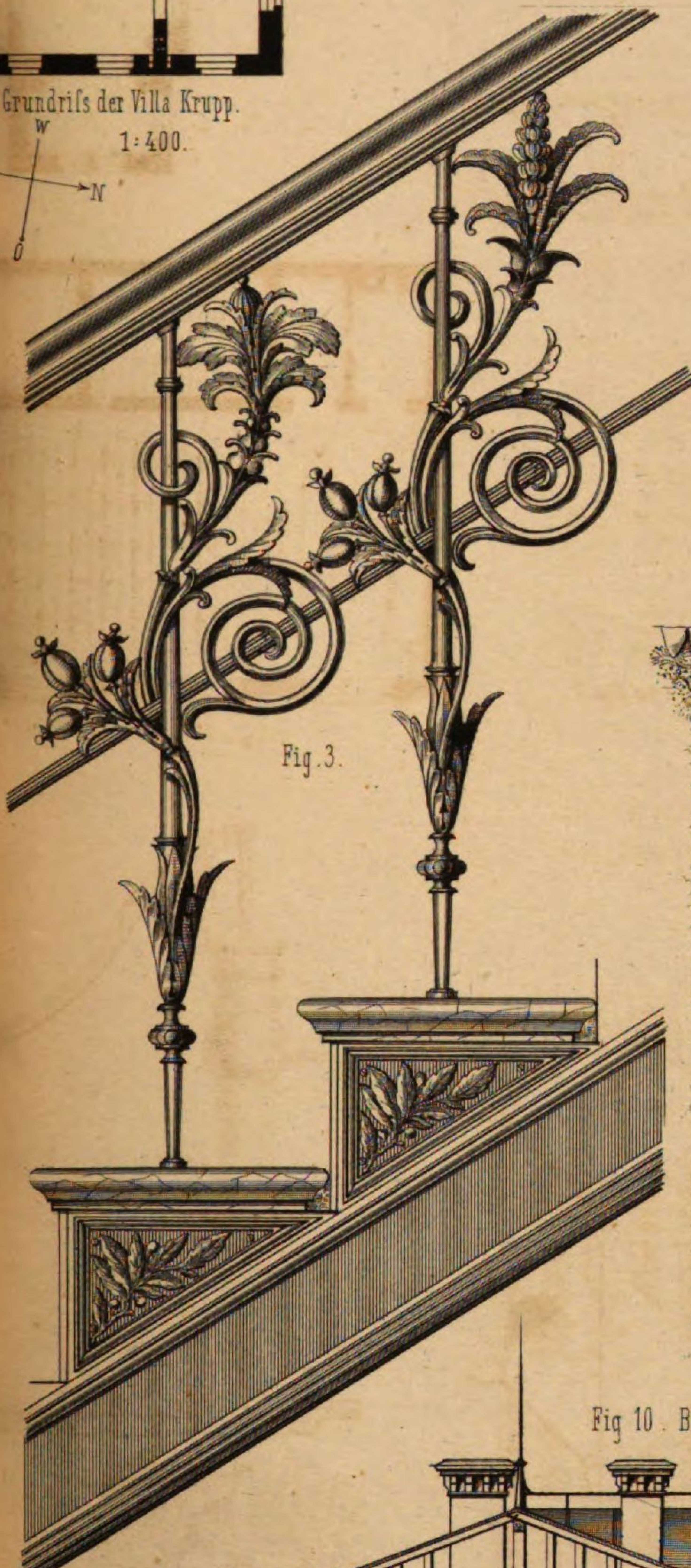


Fig. 3.

Fig. 8. Pumpe.

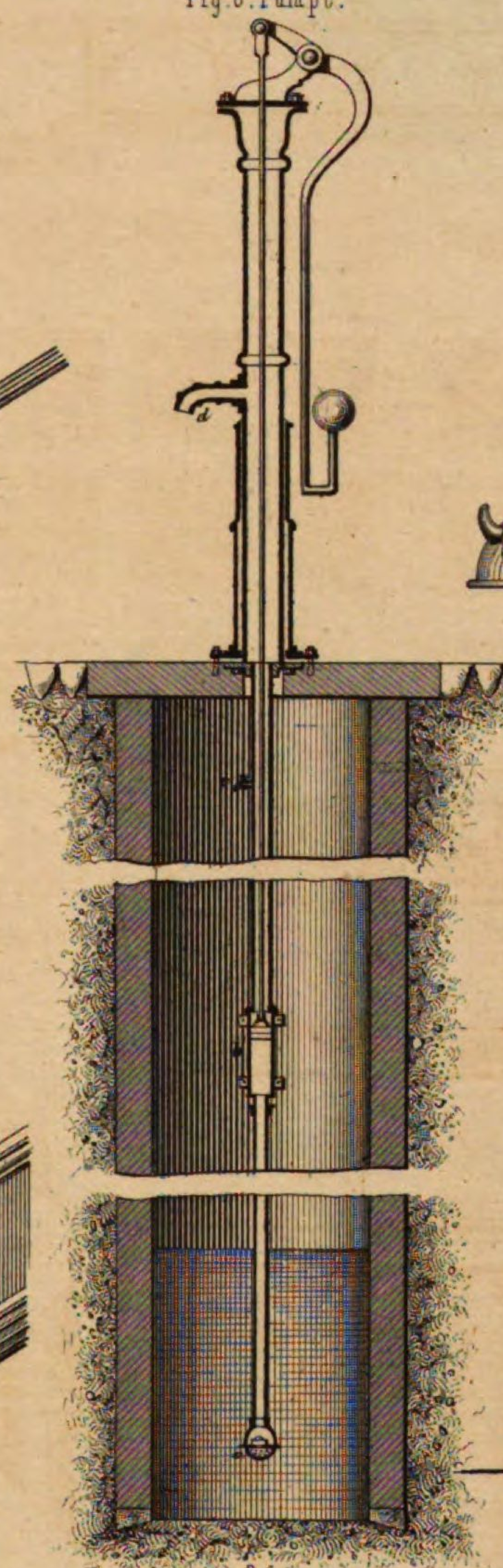


Fig. 9
Pumpen-Ständer
auf dem
Bahnhofe zu Höxter.

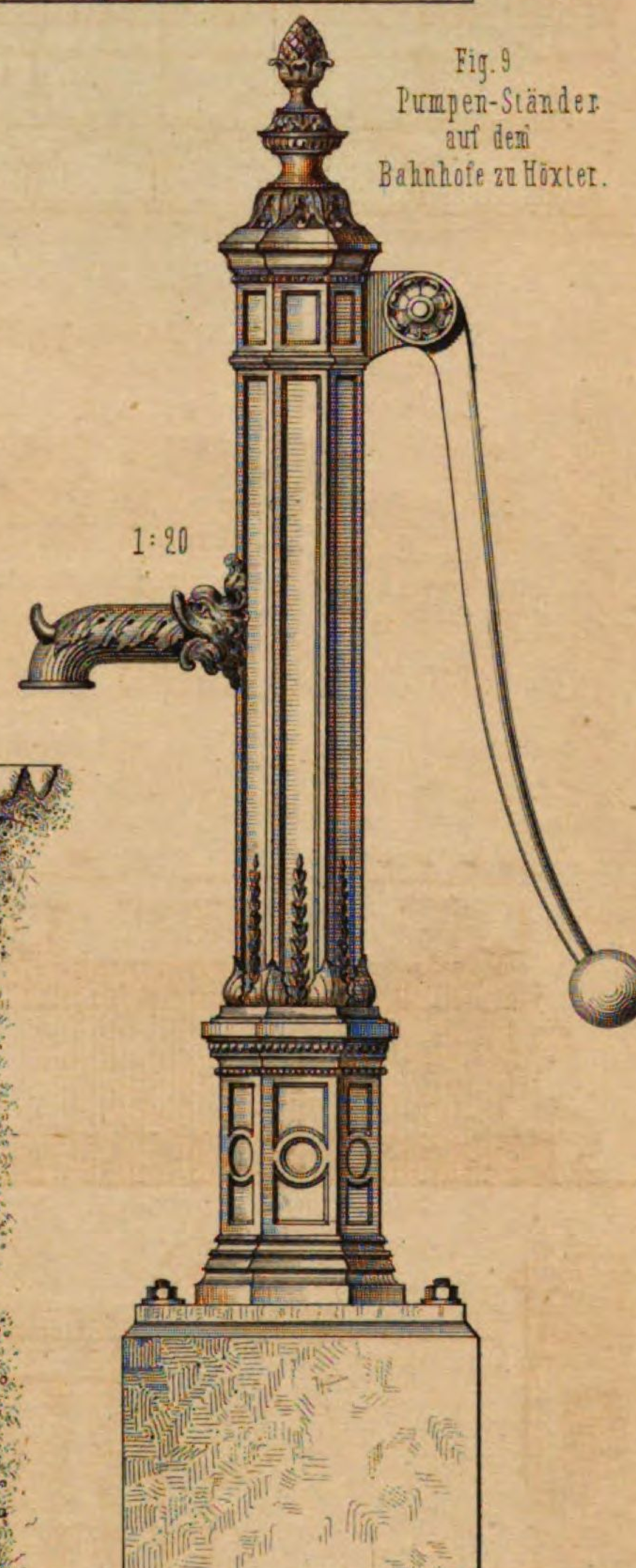
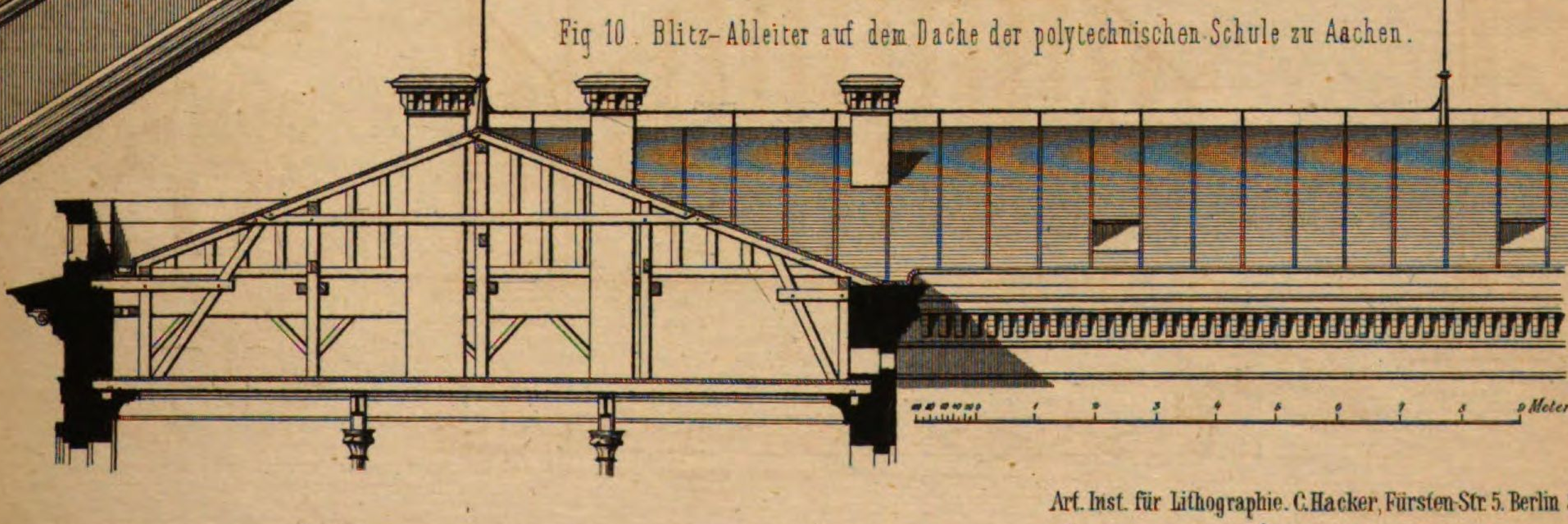


Fig 10. Blitz-Ableiter auf dem Dache der polytechnischen Schule zu Aachen.



Art. Inst. für Lithographie. C. Hacker, Fürsten-Str. 5. Berlin S.

Einfahrts-Thore aus S

Fig. 1. Abschlussthor des Vorraumes vor einer Hausthür in Berlin

Erf. von M. Gropius.

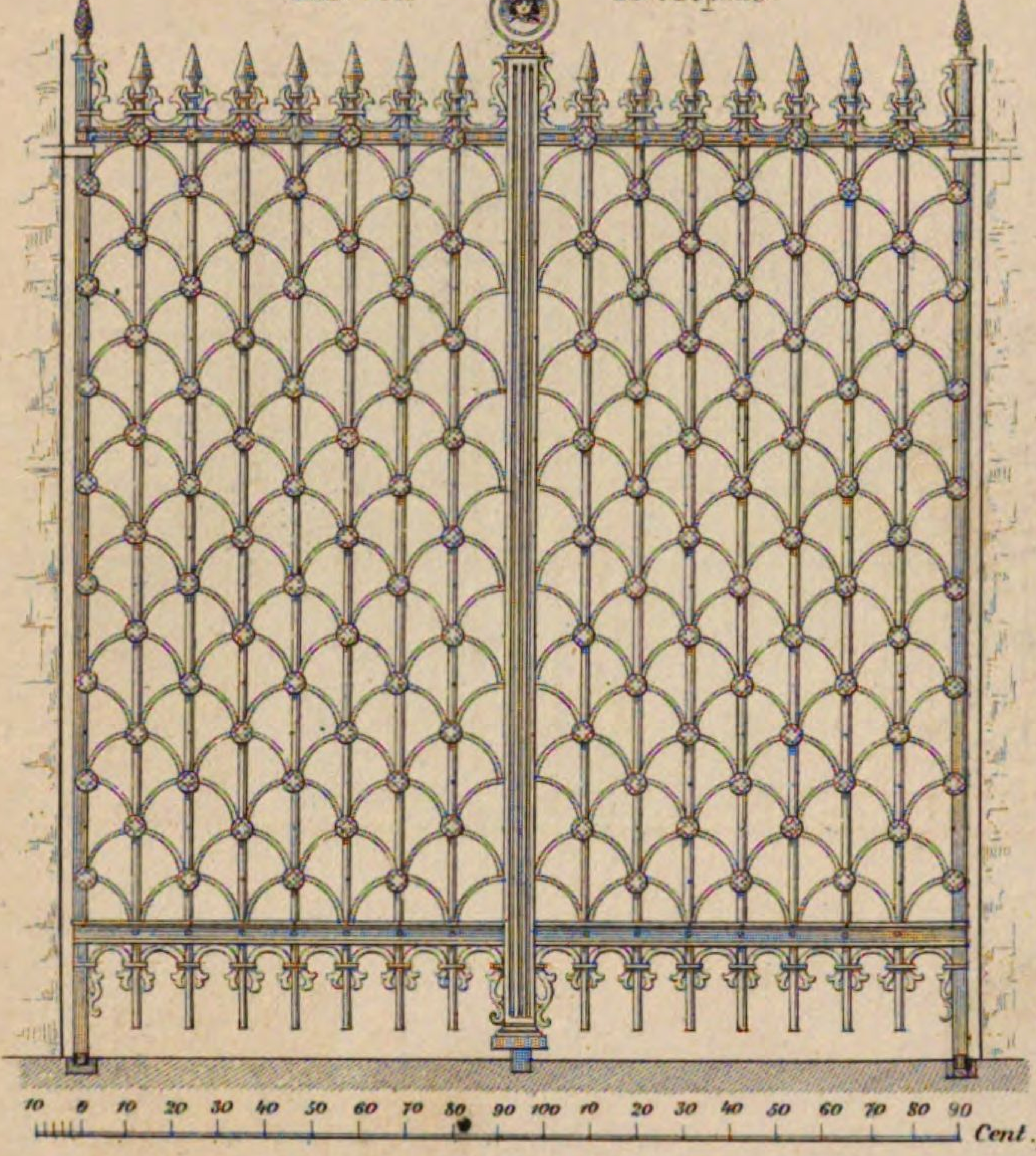


Fig. 3 Preis - 240 Mark.

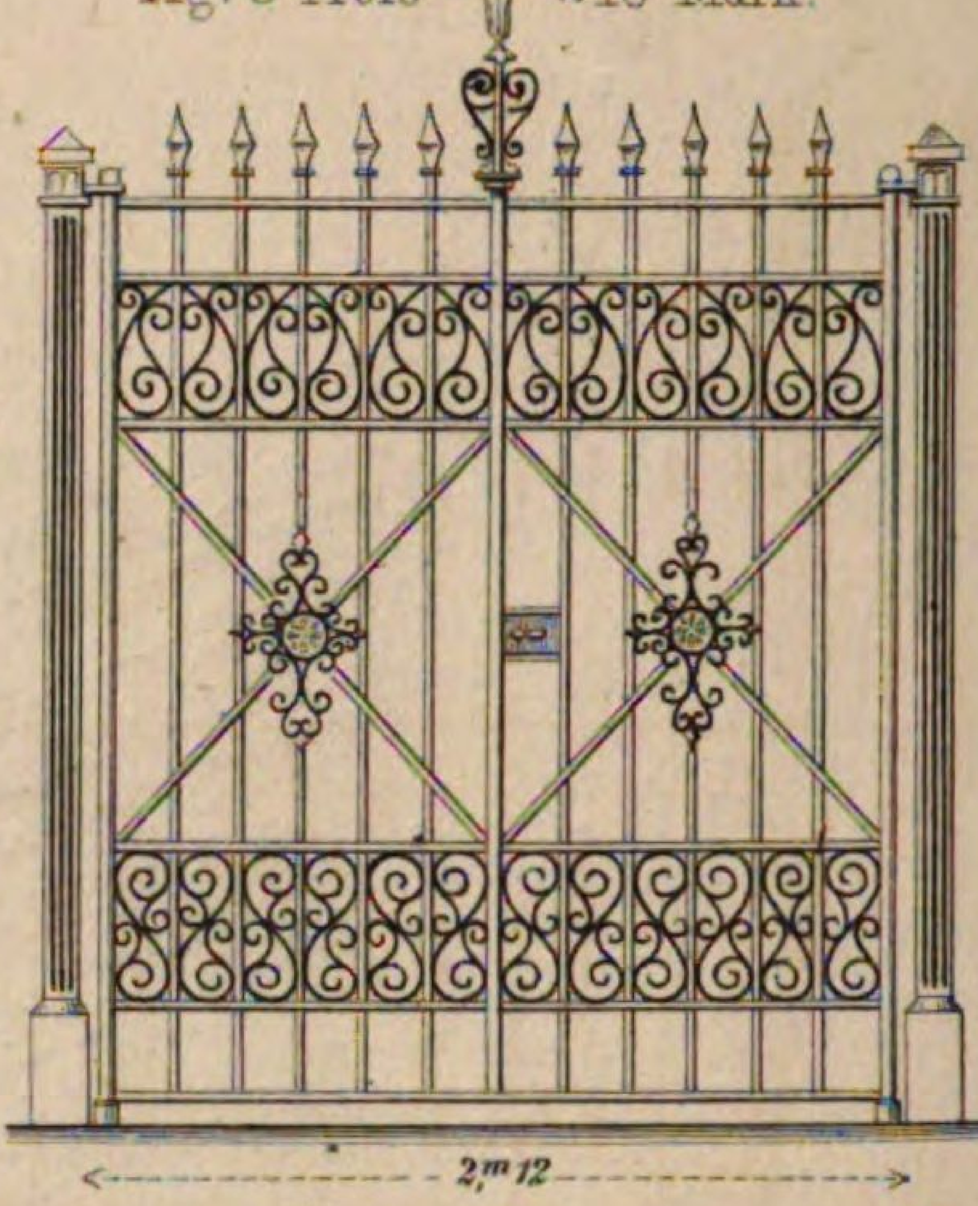


Fig. 4 Preis -

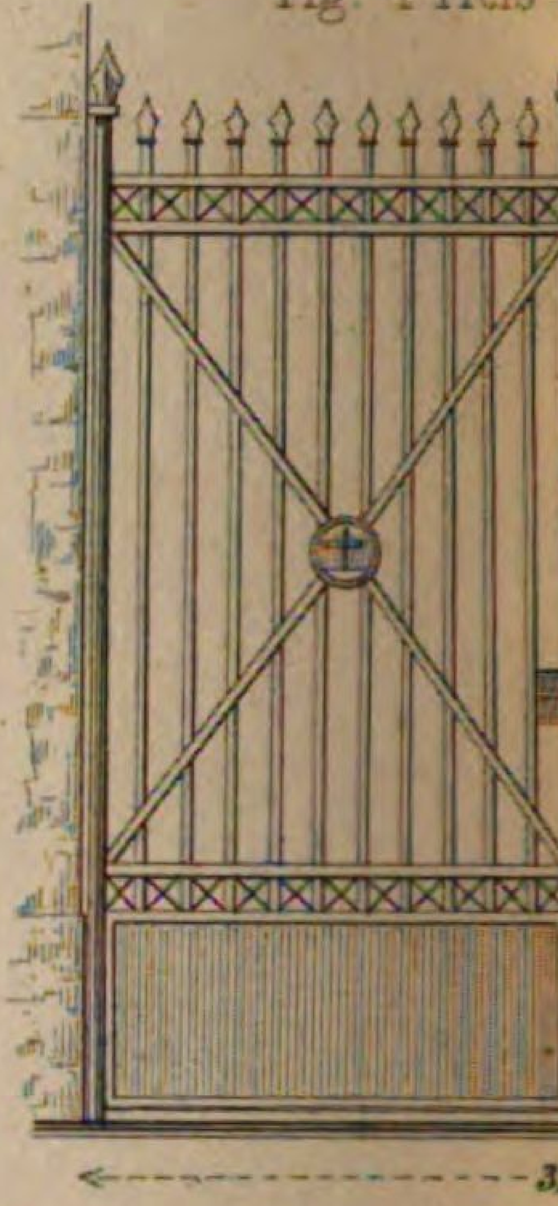


Fig. 2 Grundriss zu Fig. 1.

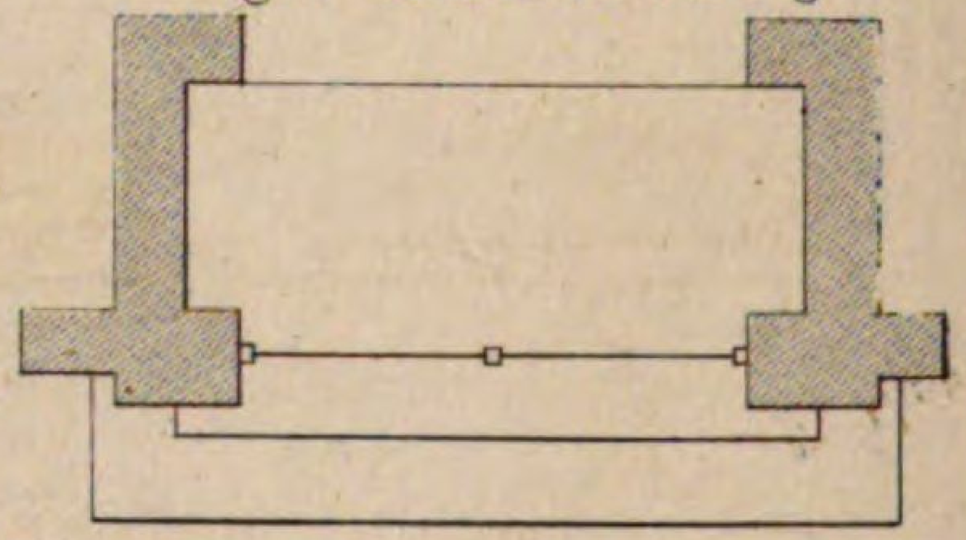


Fig. 8. Detail zu Fig. 7.



Fig. 7 Einfahrtsthor vom Stadt-Theater in Leipzig. Erf. v. Langhans.

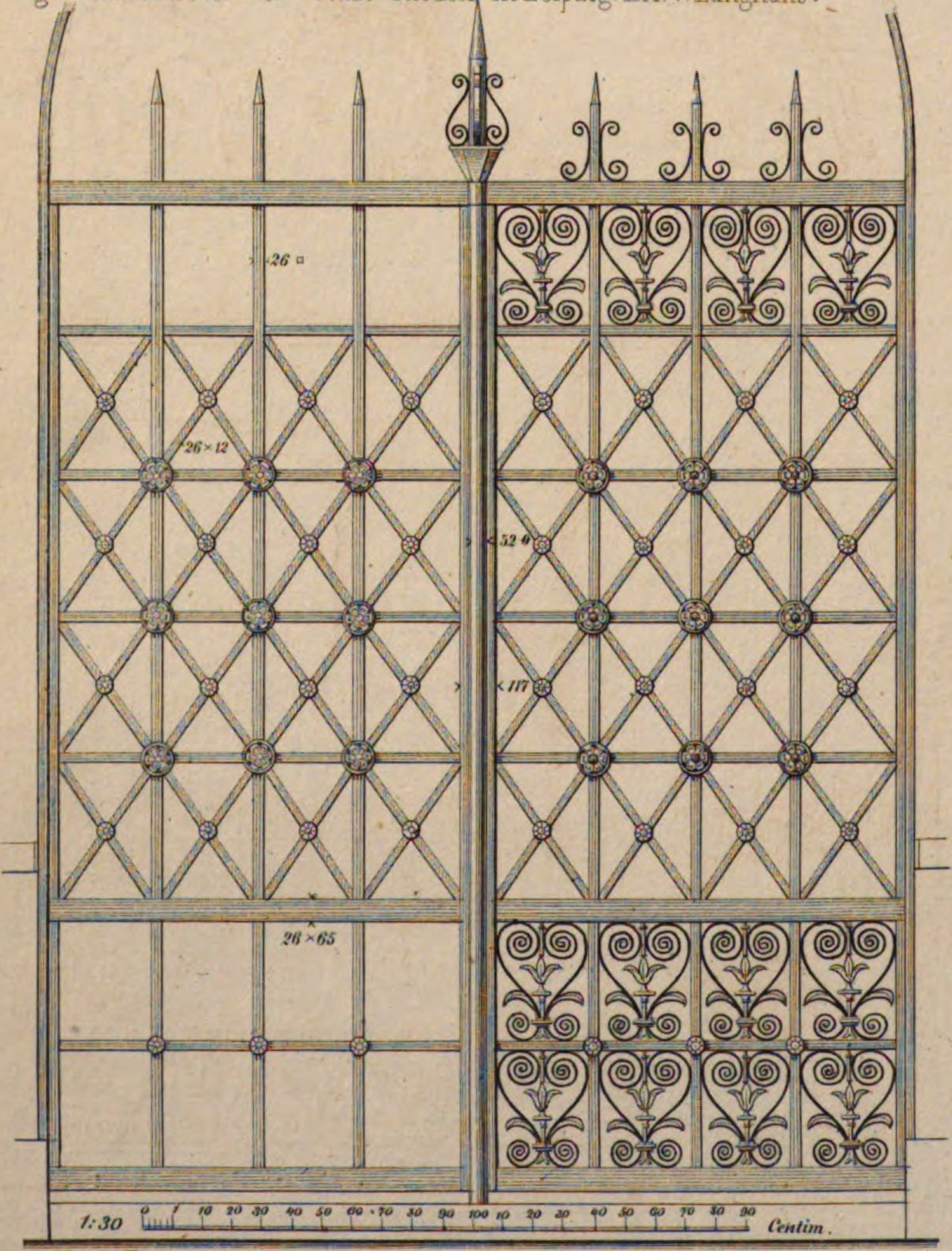


Fig. 5. Preis - 186 Mark.

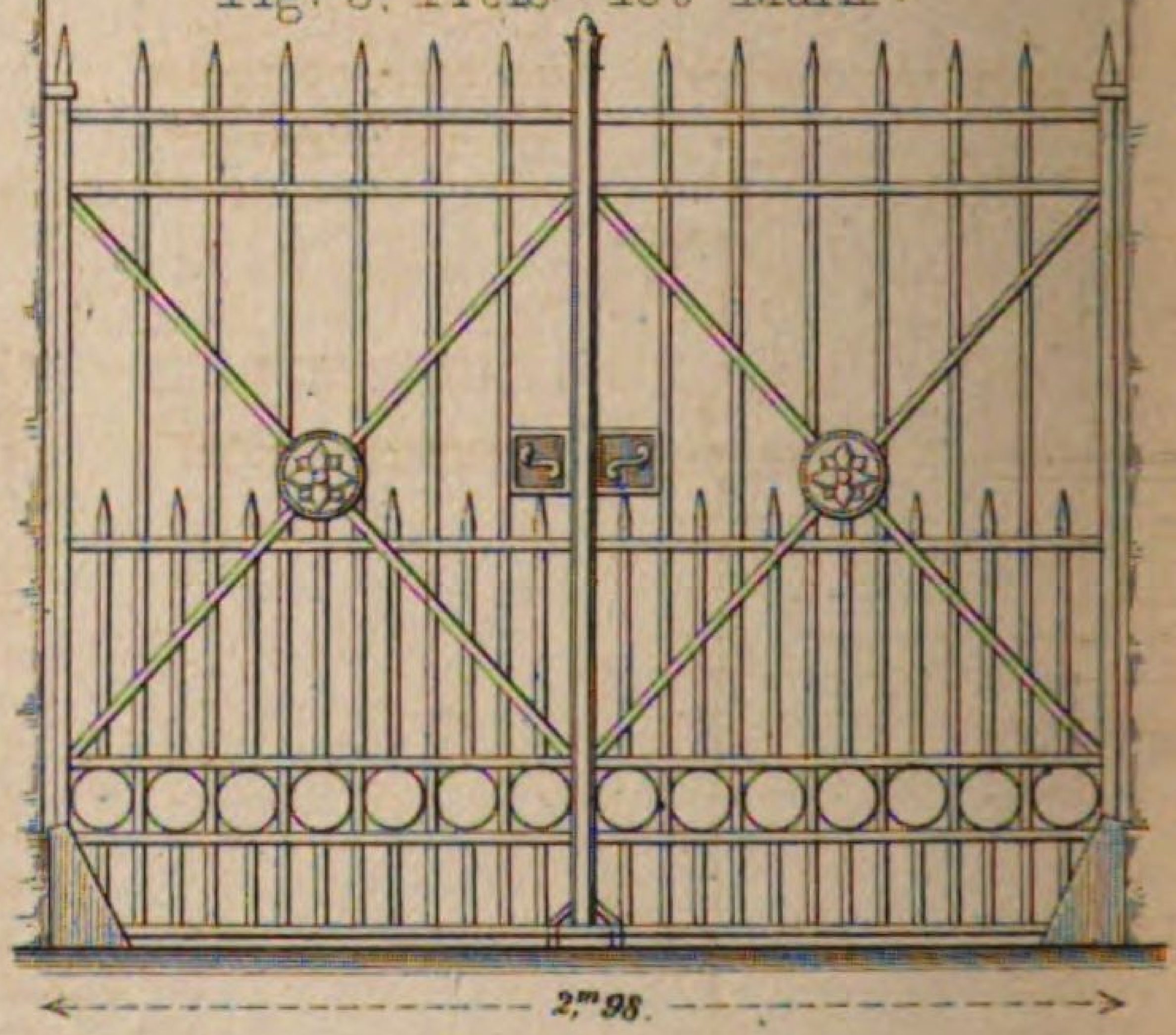
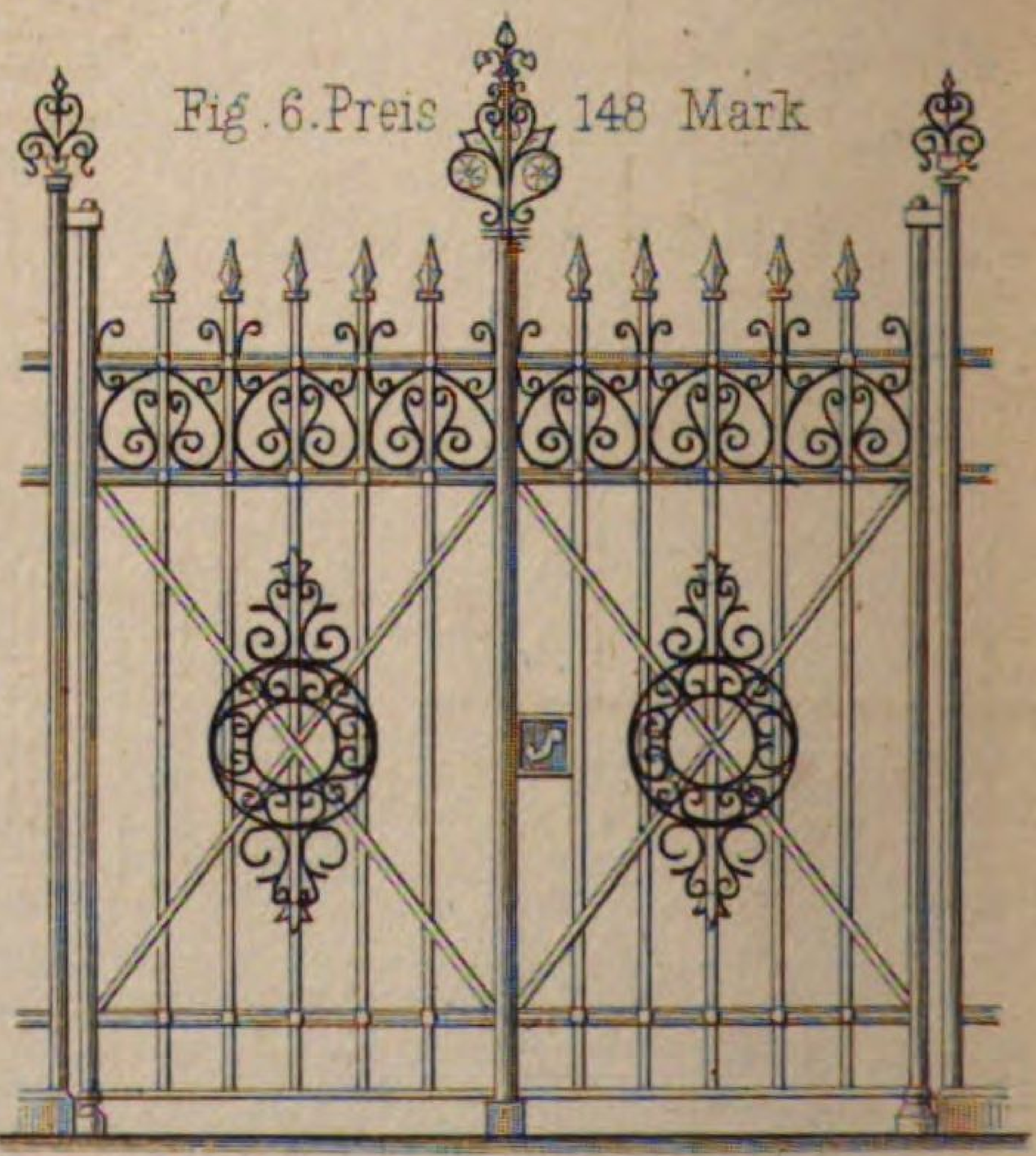


Fig. 6. Preis 148 Mark



Klasen, Eisenconstrction.

chmiedeeisen.

288 Mark.

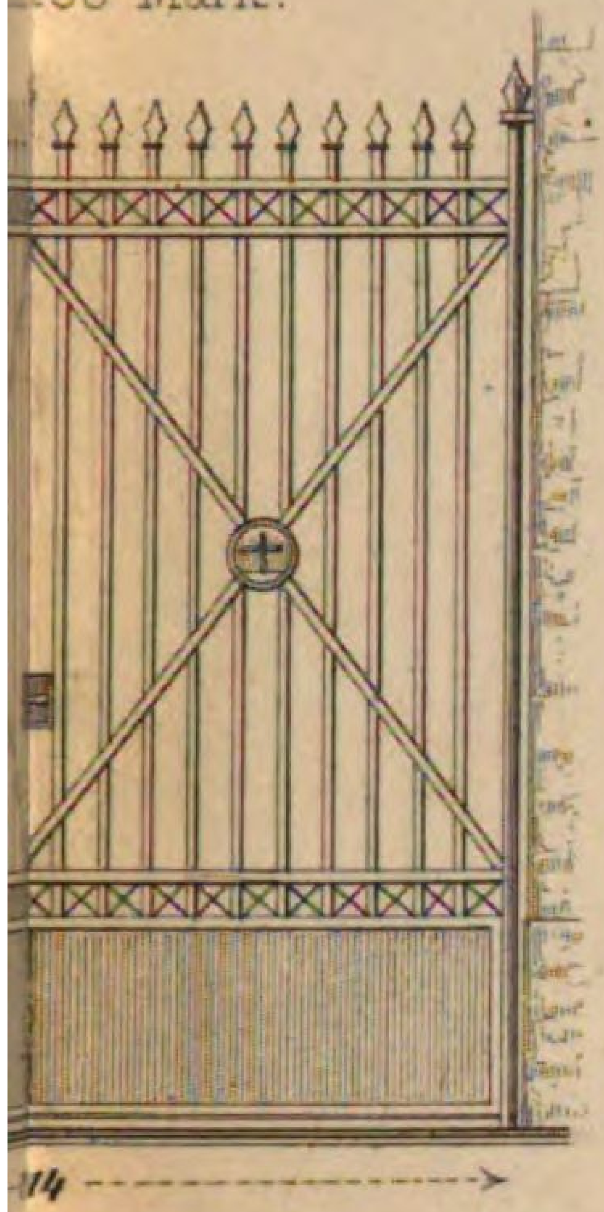


Fig. 15. Garten-Eingang bei Stuttgart.
Erf. v. Oberbaurath Leins.

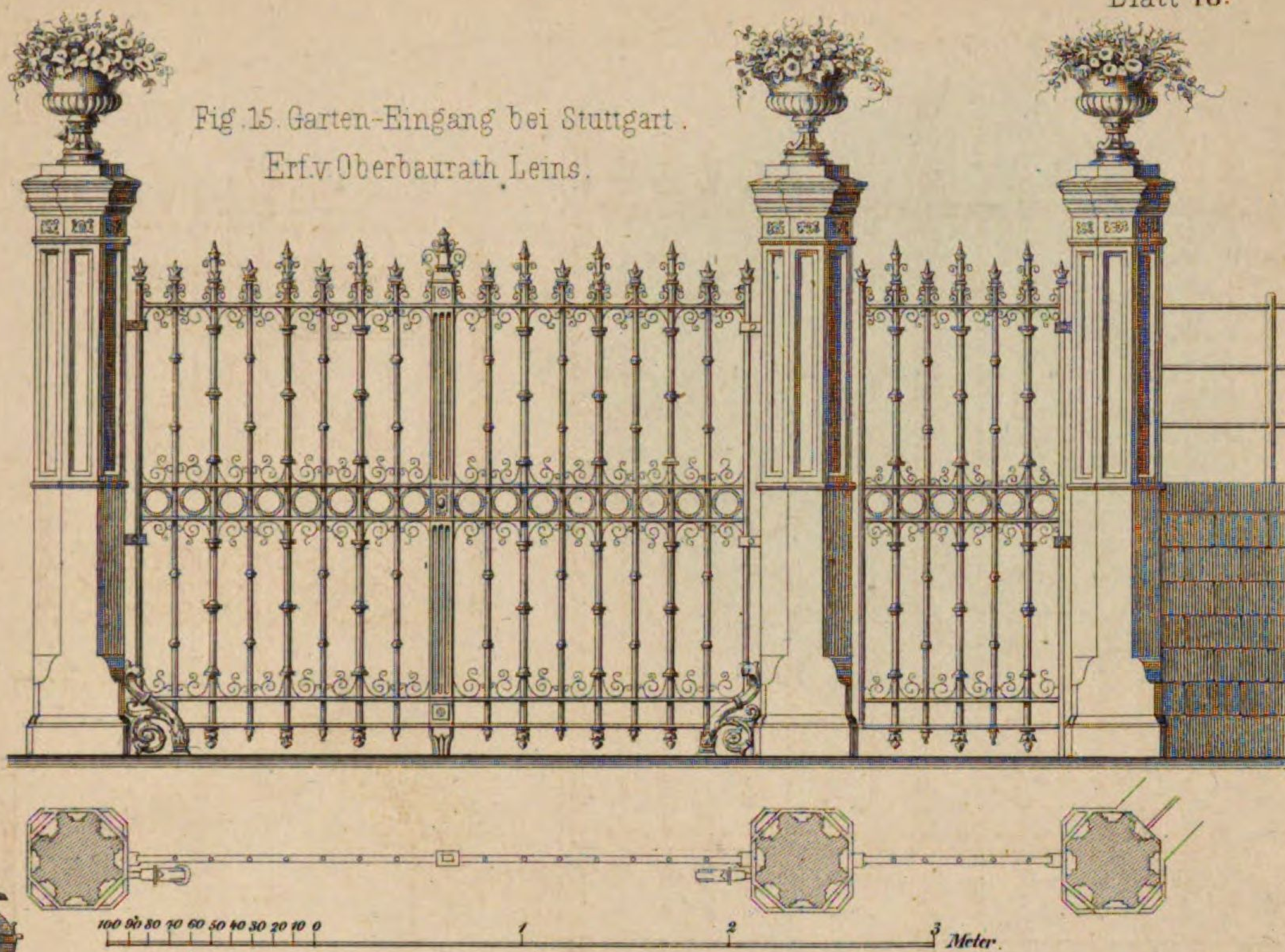
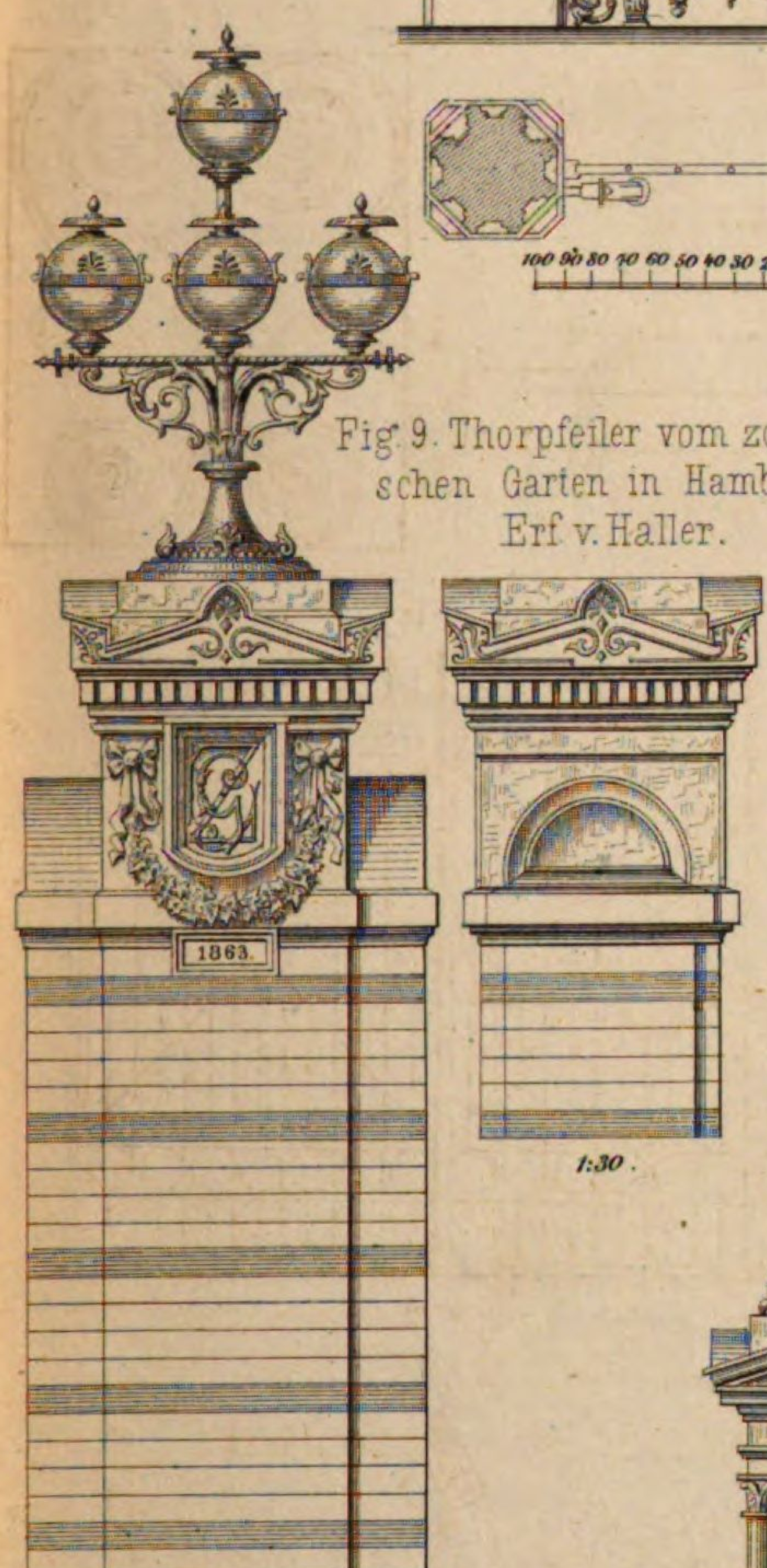


Fig. 9. Thorpfeiler vom zoologischen Garten in Hamburg
Erf. v. Haller.



Radabweiser von Wasseralfingen.

Fig. 12. Fig. 13. Fig. 14.



Fig. 10. Einfahrts Thor in Berlin
Erf. v. v. d. Hude u. Hennicke

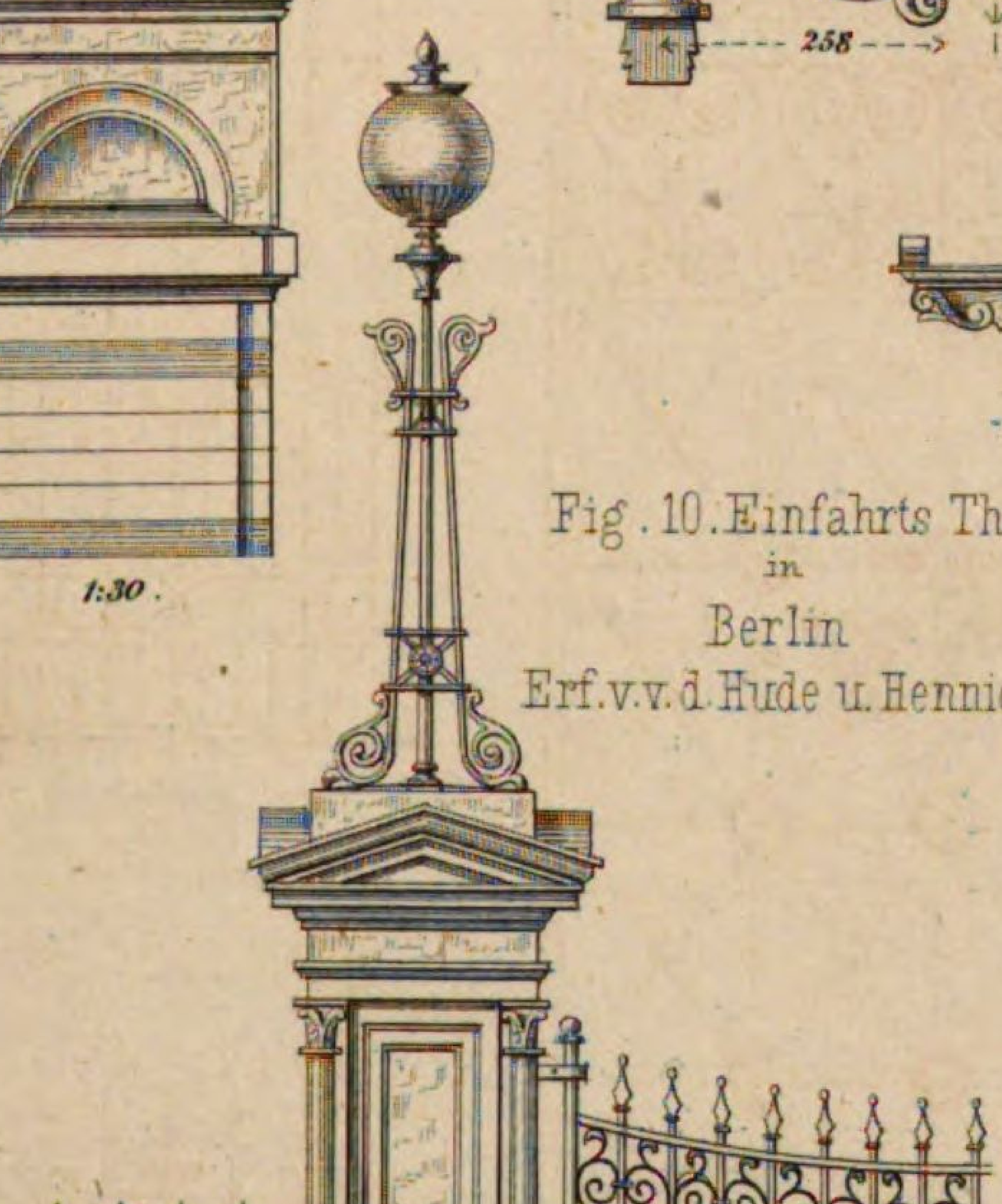
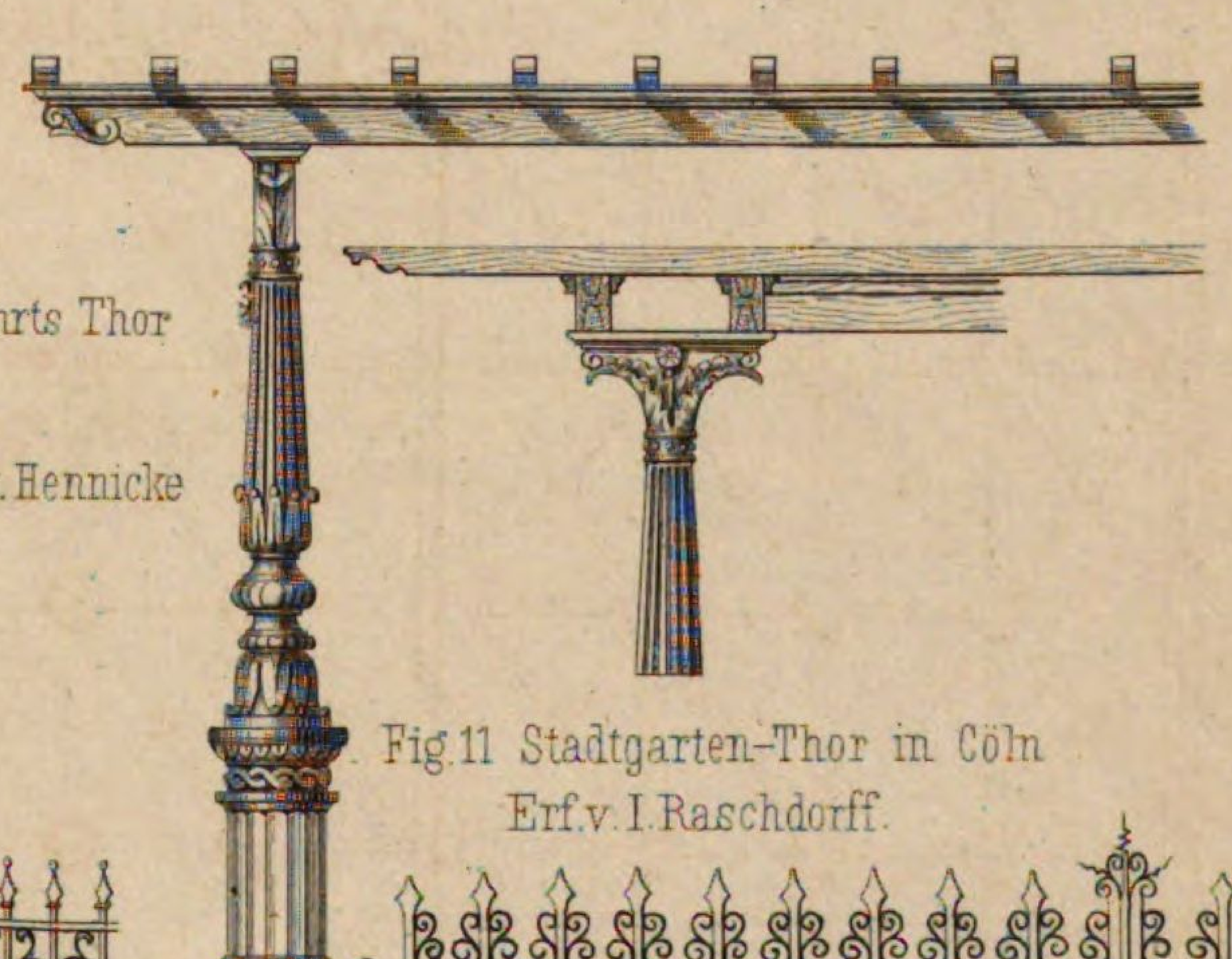


Fig. 11 Stadtgarten-Thor in Cöln
Erf. v. I. Raschdorff.



Lith. Anstalt. v. E. Franz, Wien, V.B.

Bayerische Staatsbibliothek München

Fenster-und Thür-Gitt

Fig. 1.

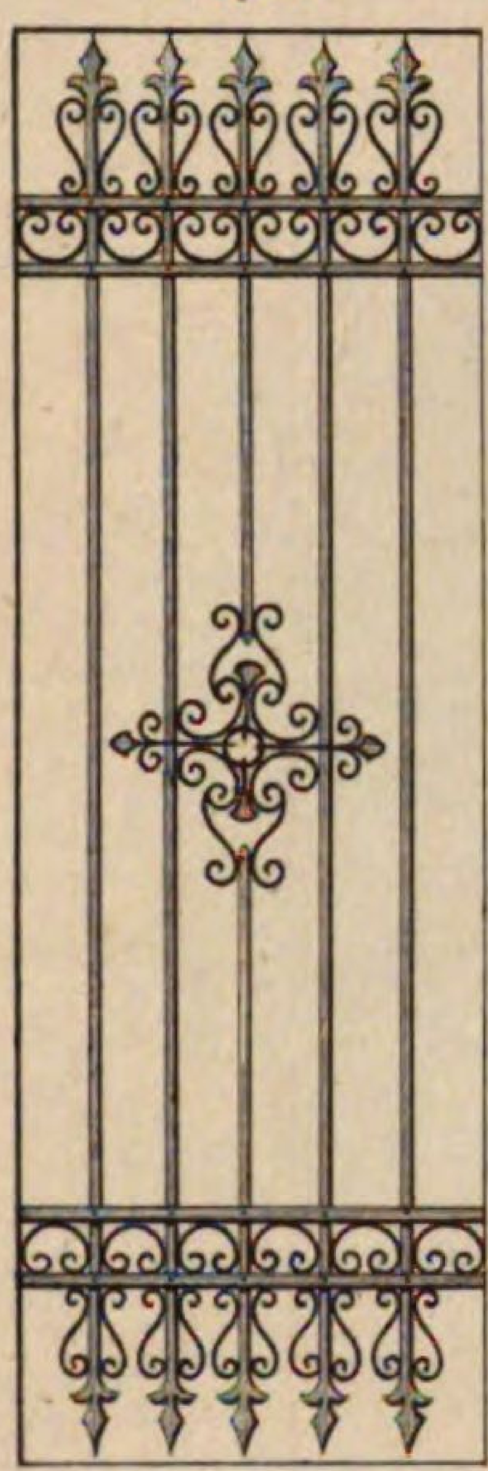


Fig. 2.



Fig. 3.

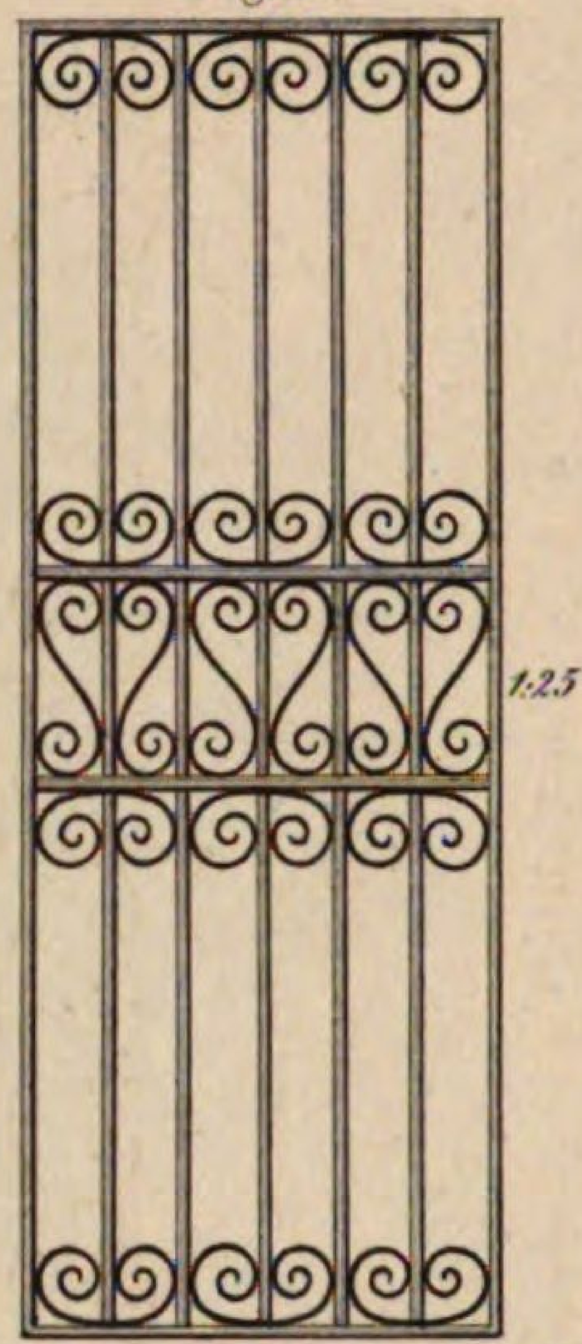


Fig. 4.

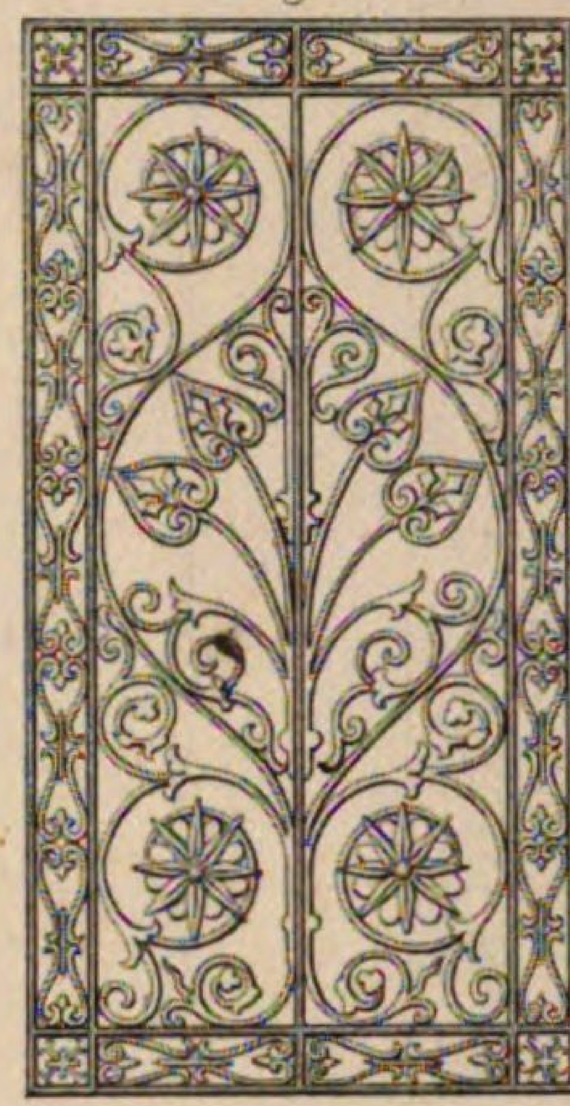


Fig. 5.

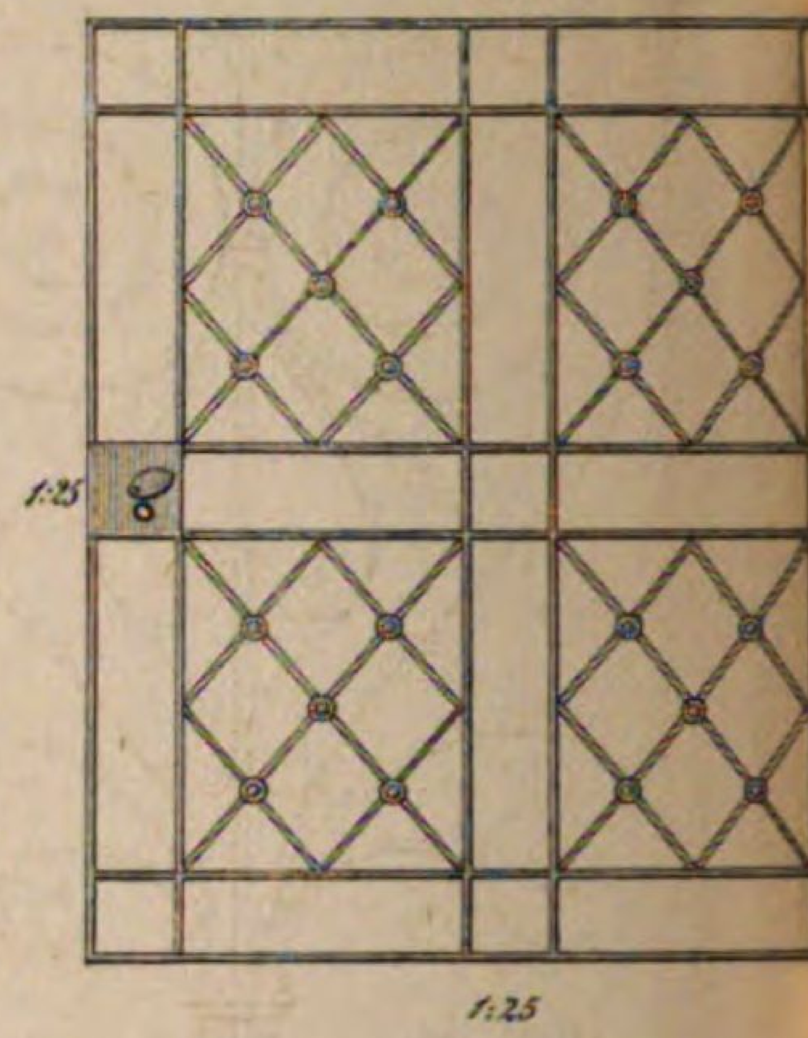


Fig. 12.

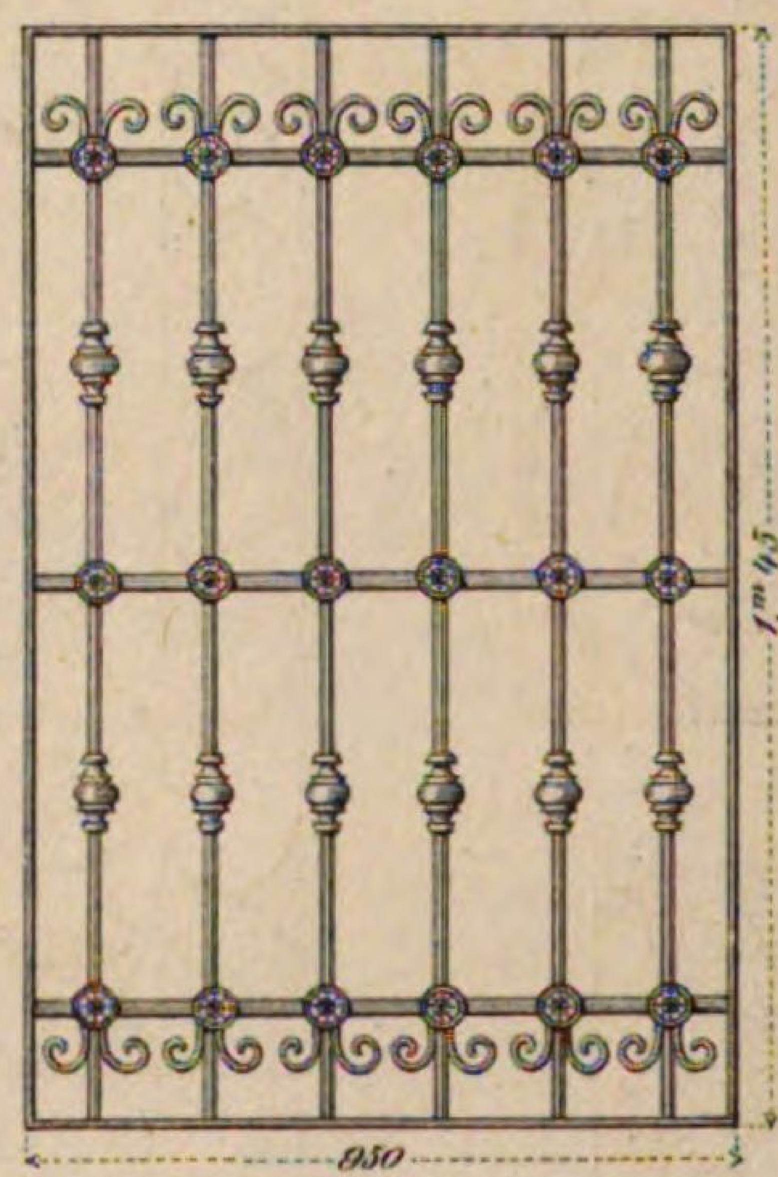


Fig. 13.

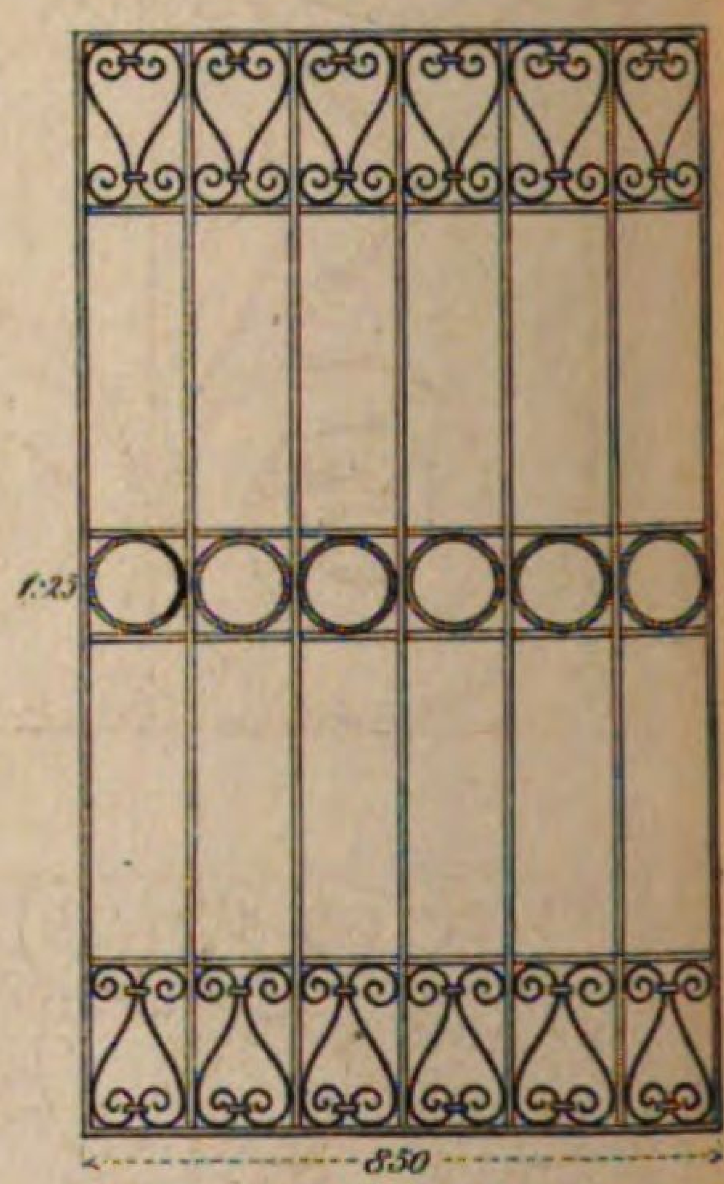


Fig. 11.

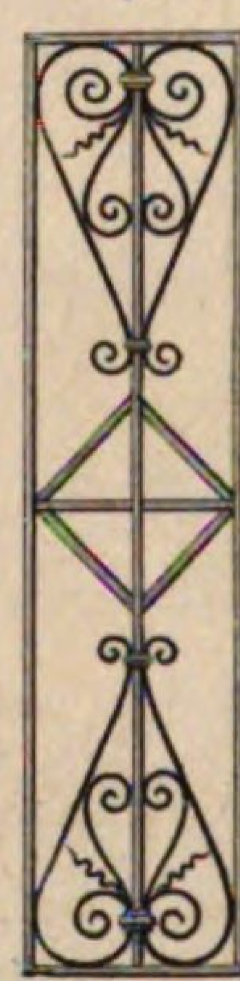


Fig. 9.

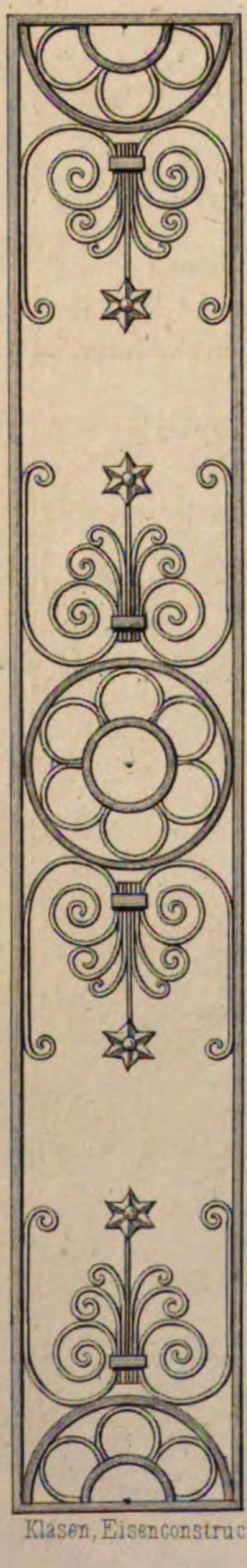


Fig. 10.

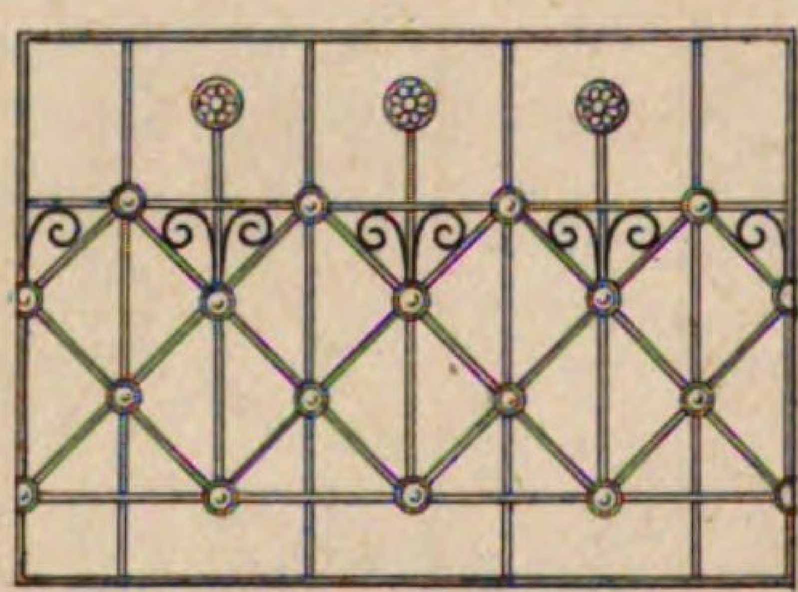


Fig. 21.

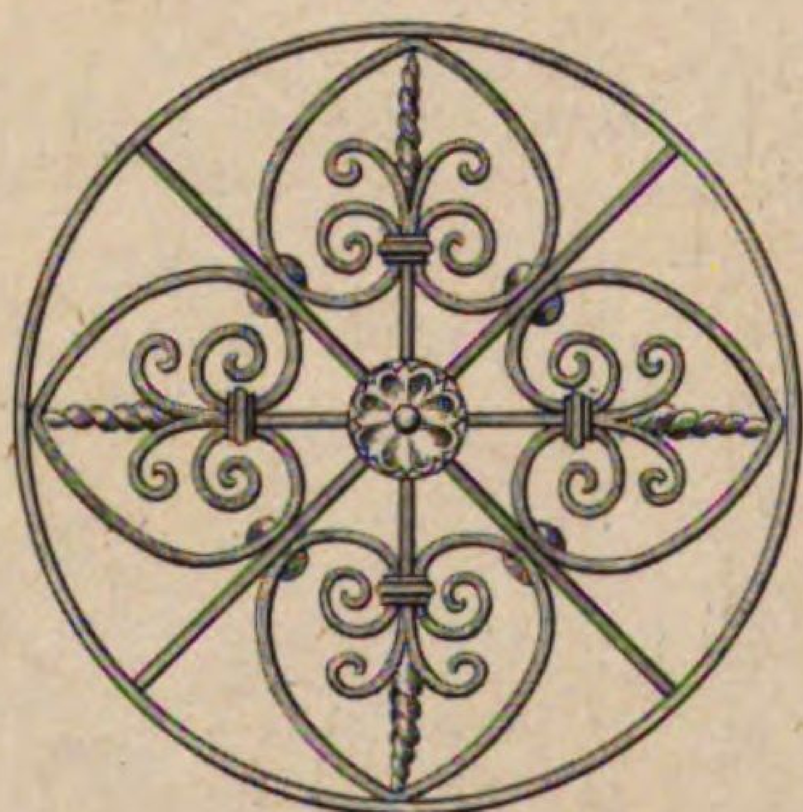


Fig. 14.

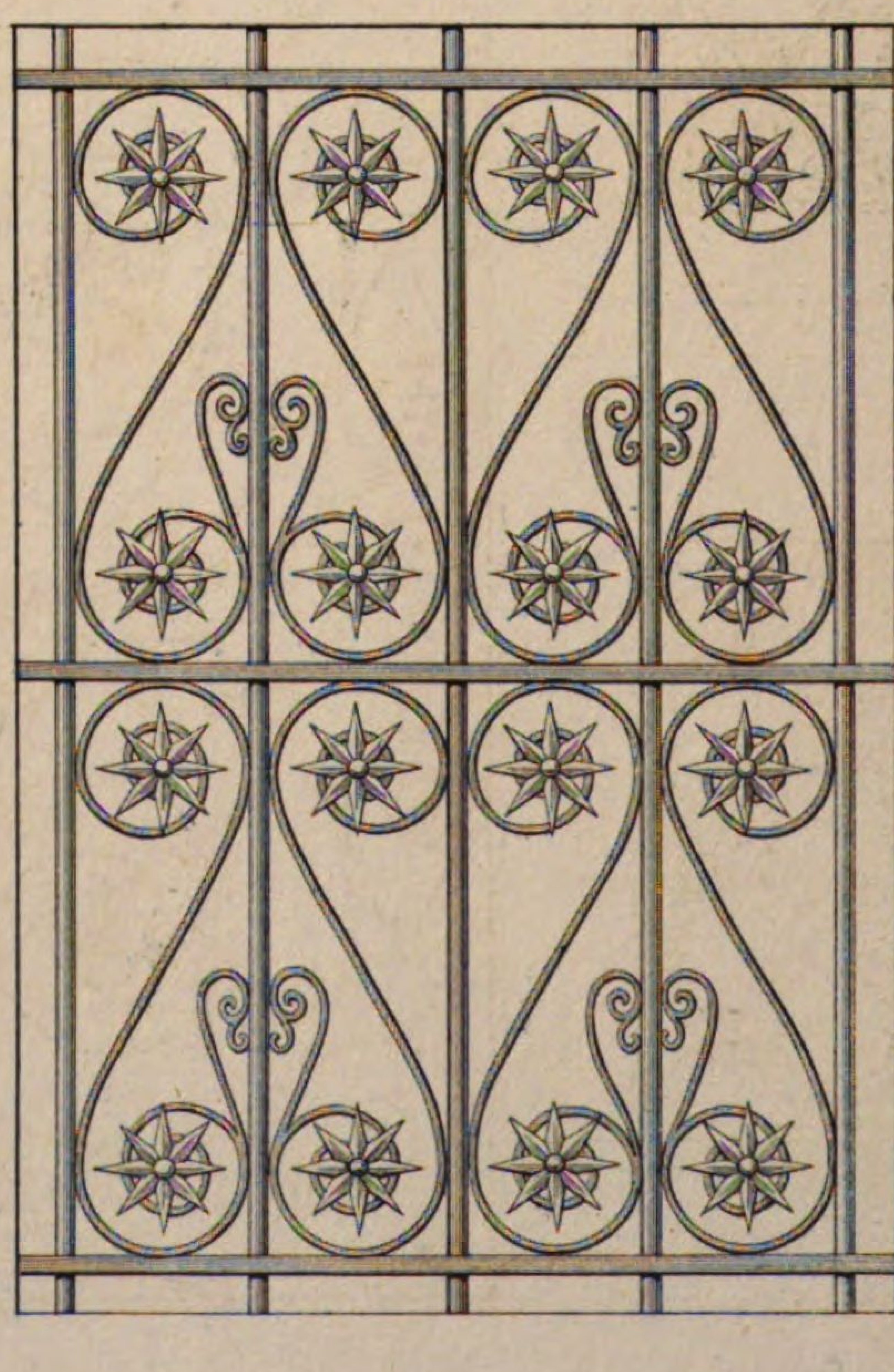


Fig. 15.

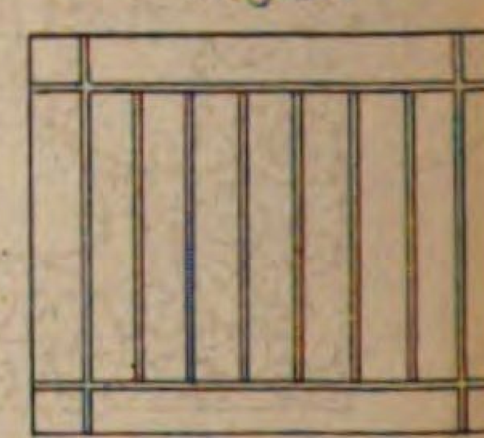


Fig. 16.

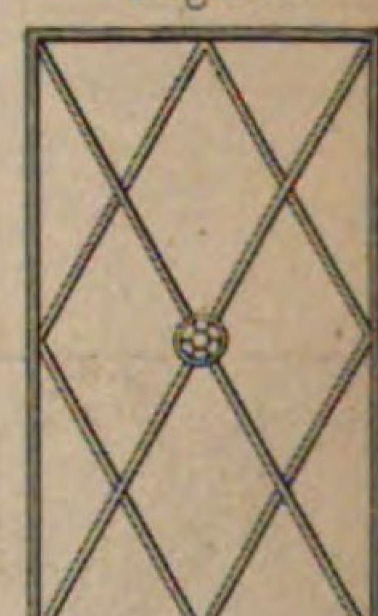


Fig. 17.

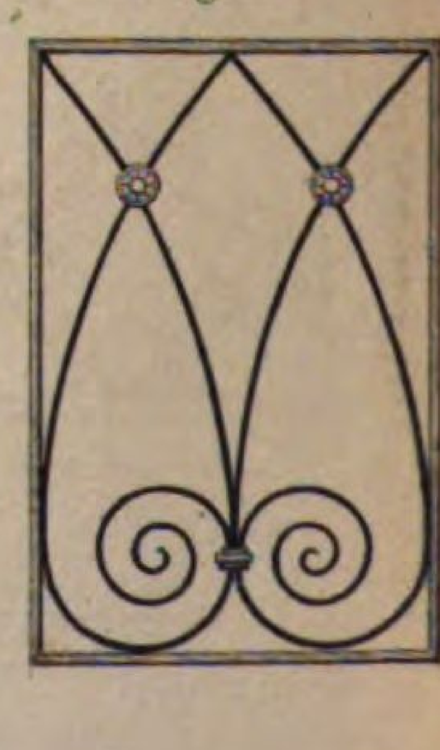
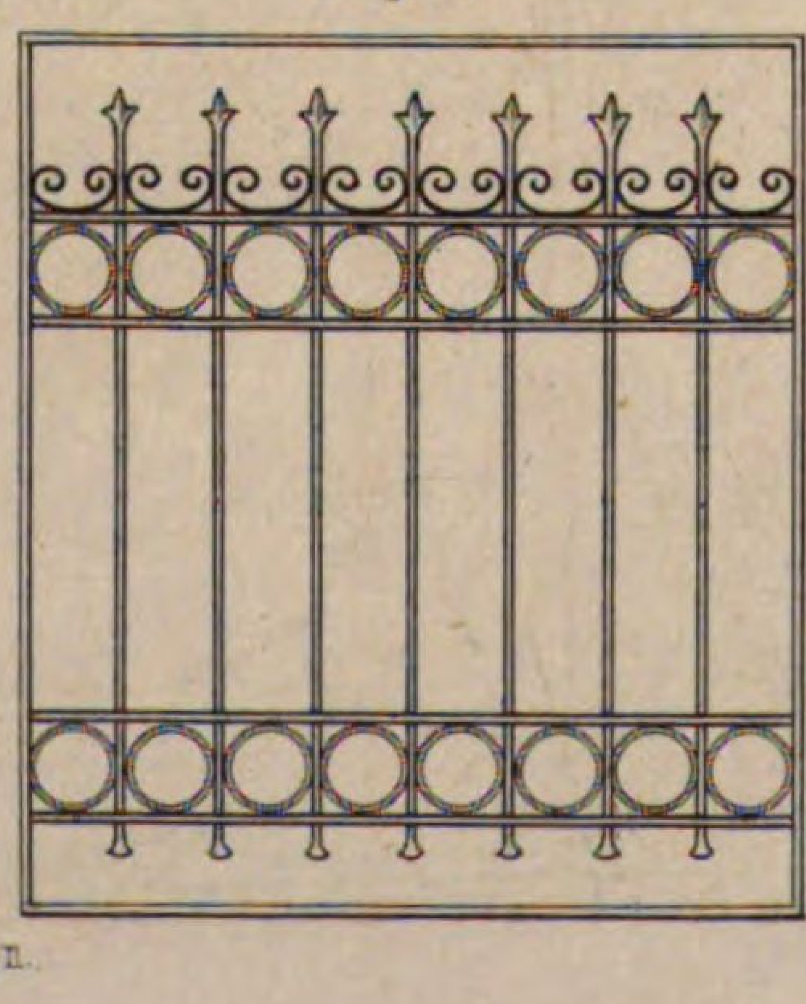


Fig. 22.



Klasen, Eisenconstruction.

aus Schmiedeeisen.

Fig. 6.

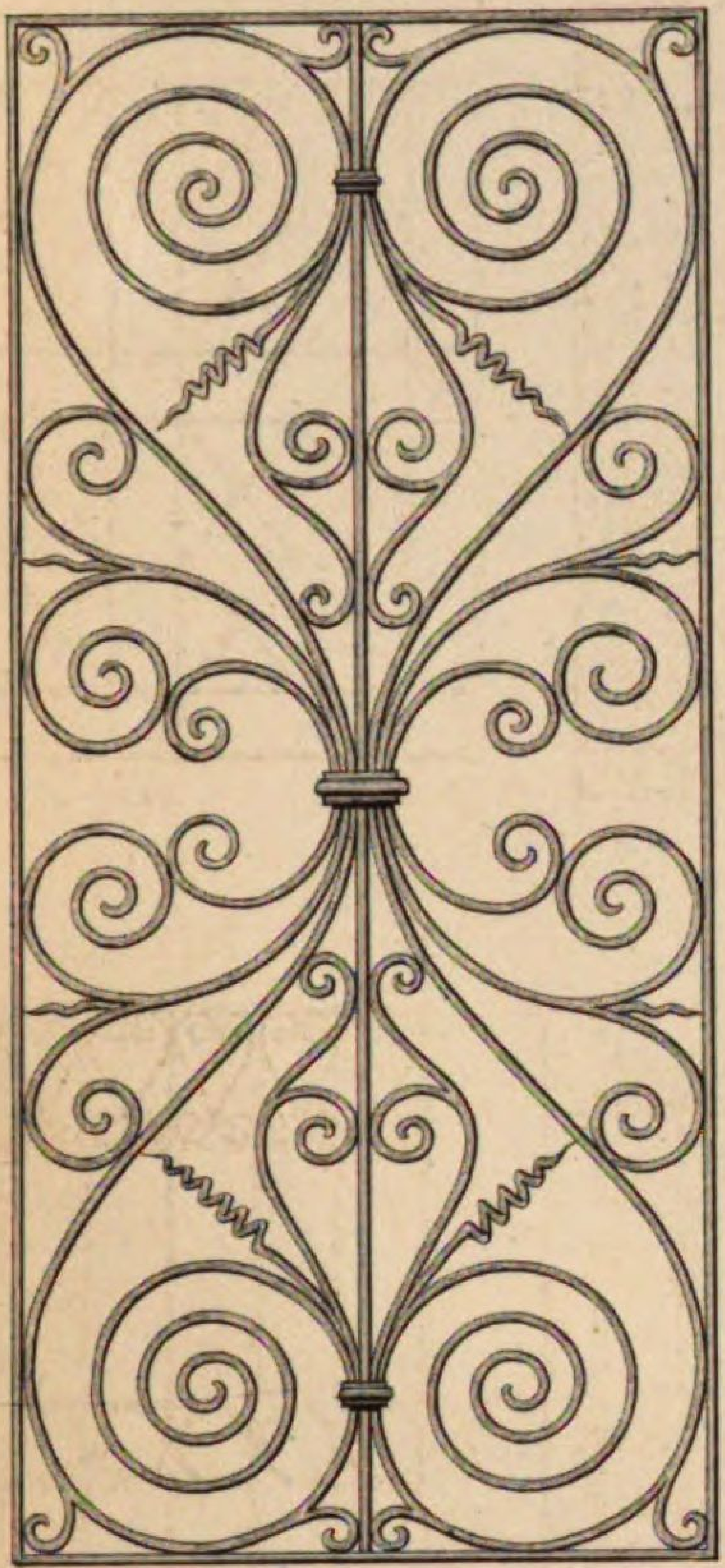
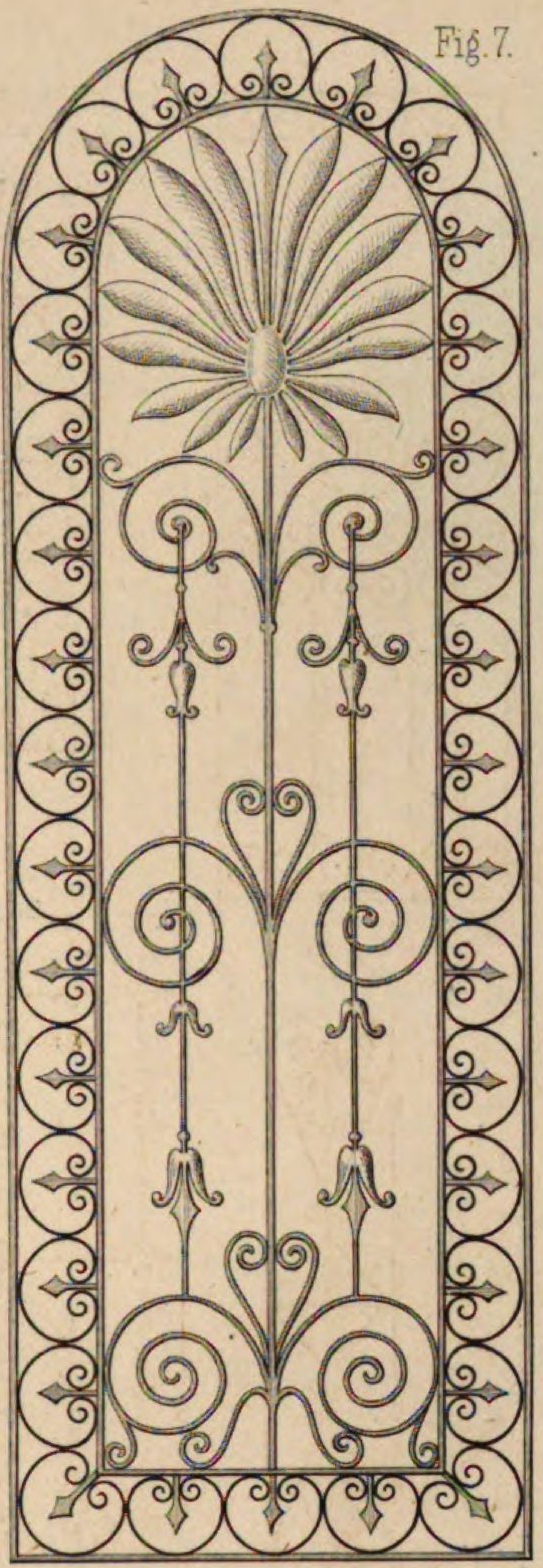


Fig. 7.



1:10

Fig. 8.

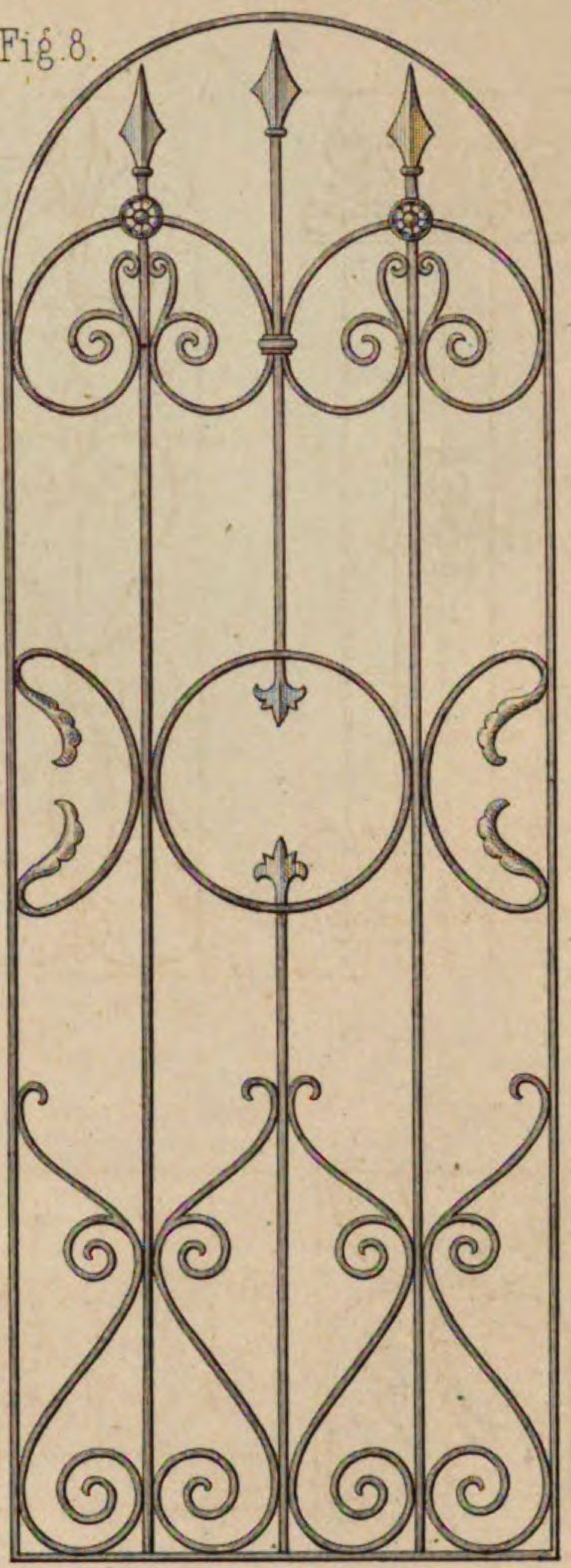


Fig. 18.

1:15

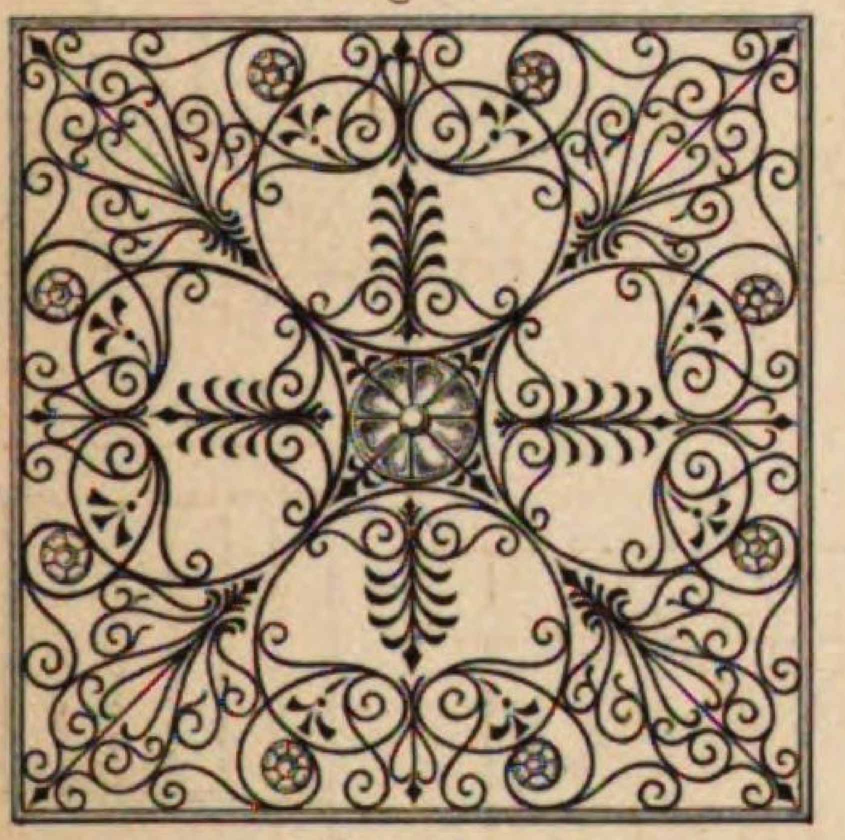


Fig. 19.

1:25

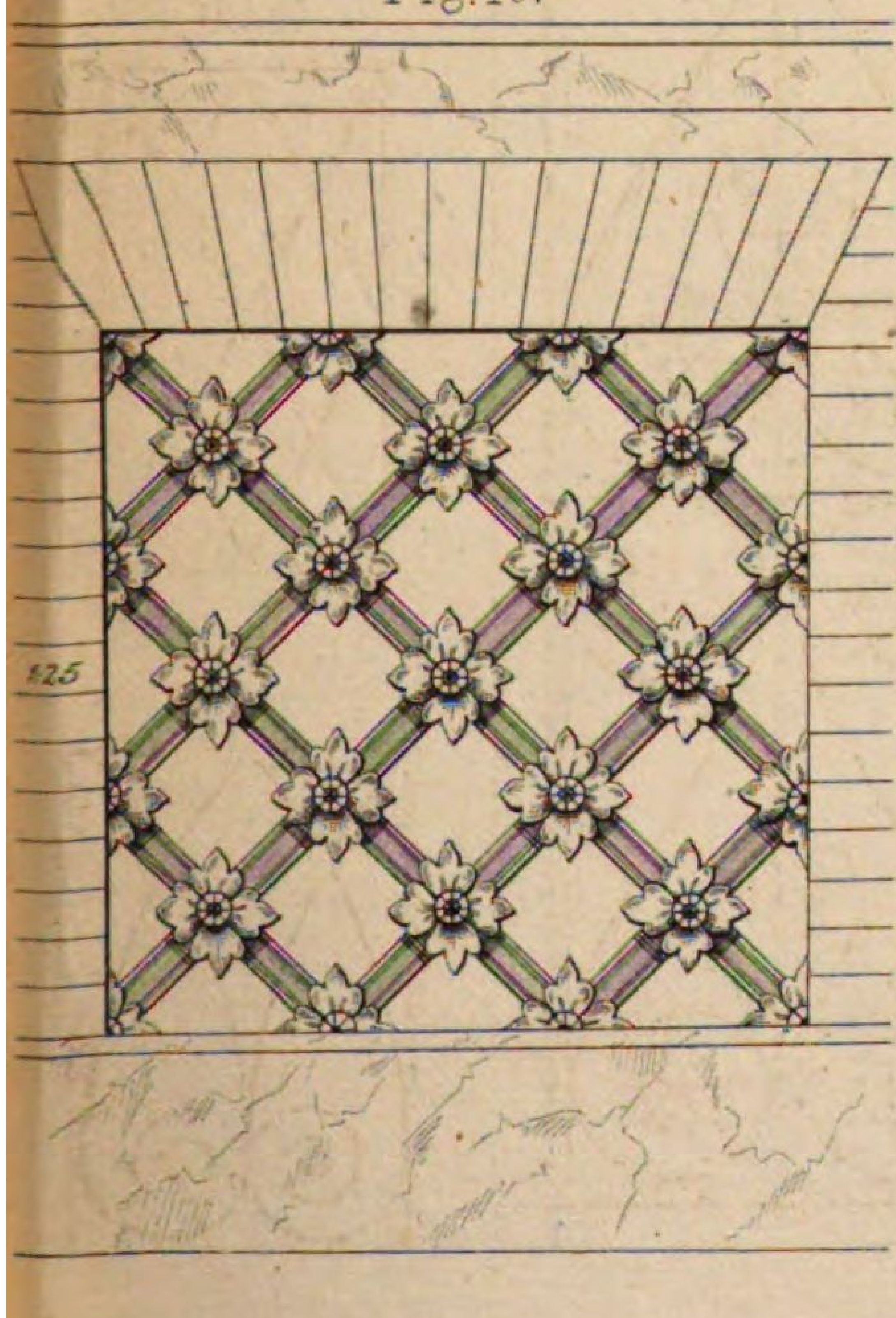
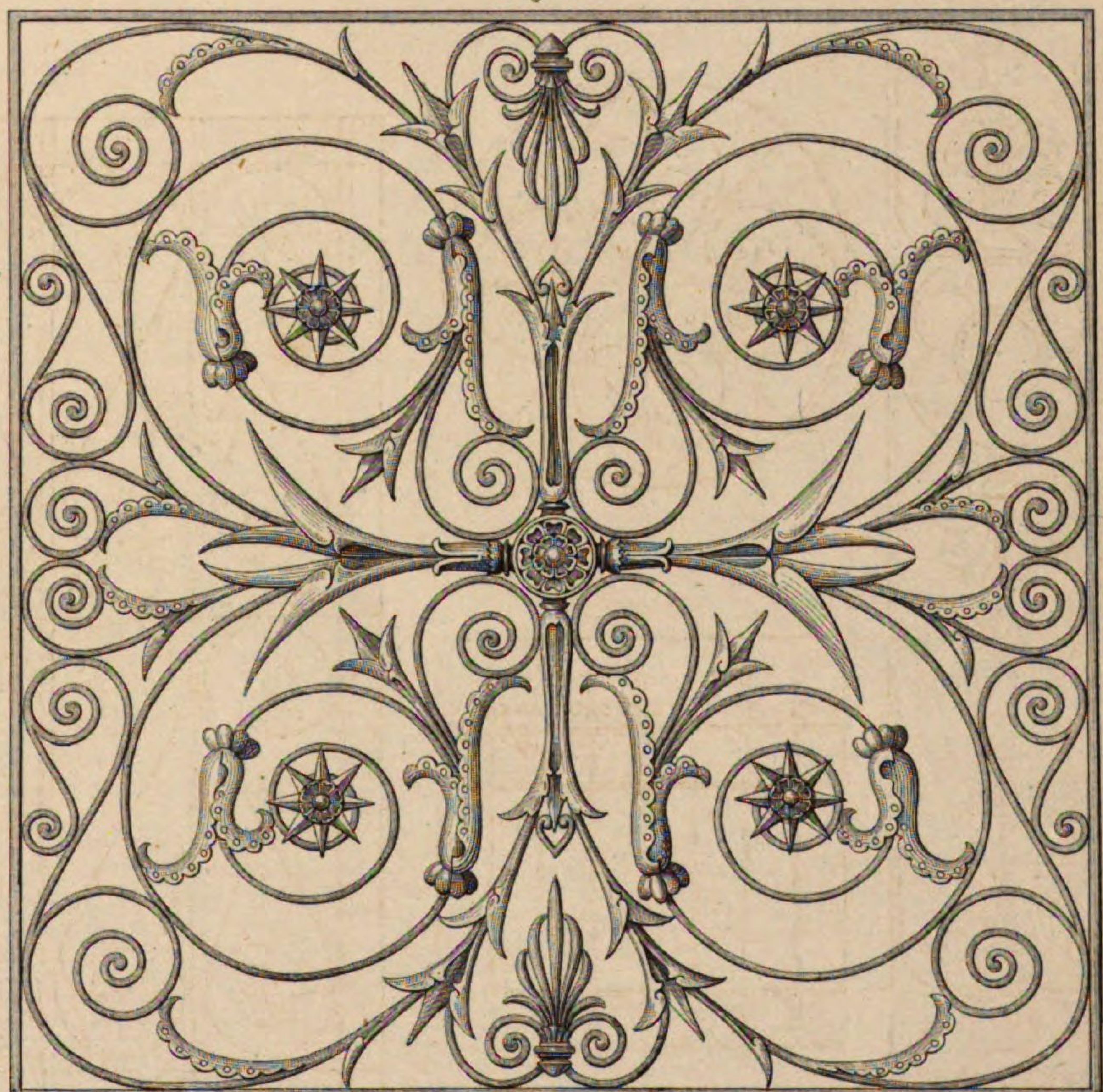


Fig. 20.

1:10



Lith. Anst. v. A. Pappermann in Graz

Fig. 1. Fenstereinsatz.

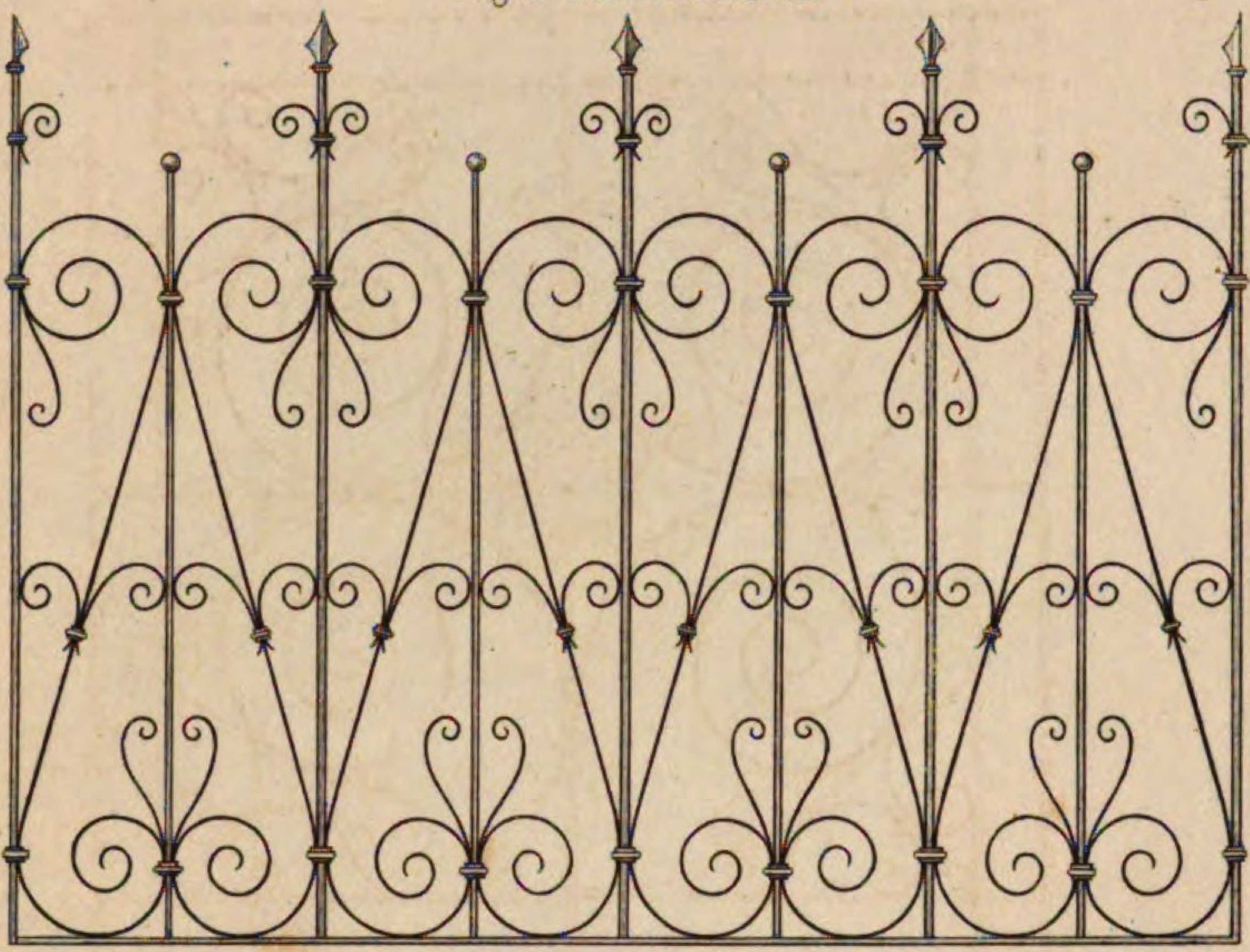


Fig. 2. Thür - Oberlicht.

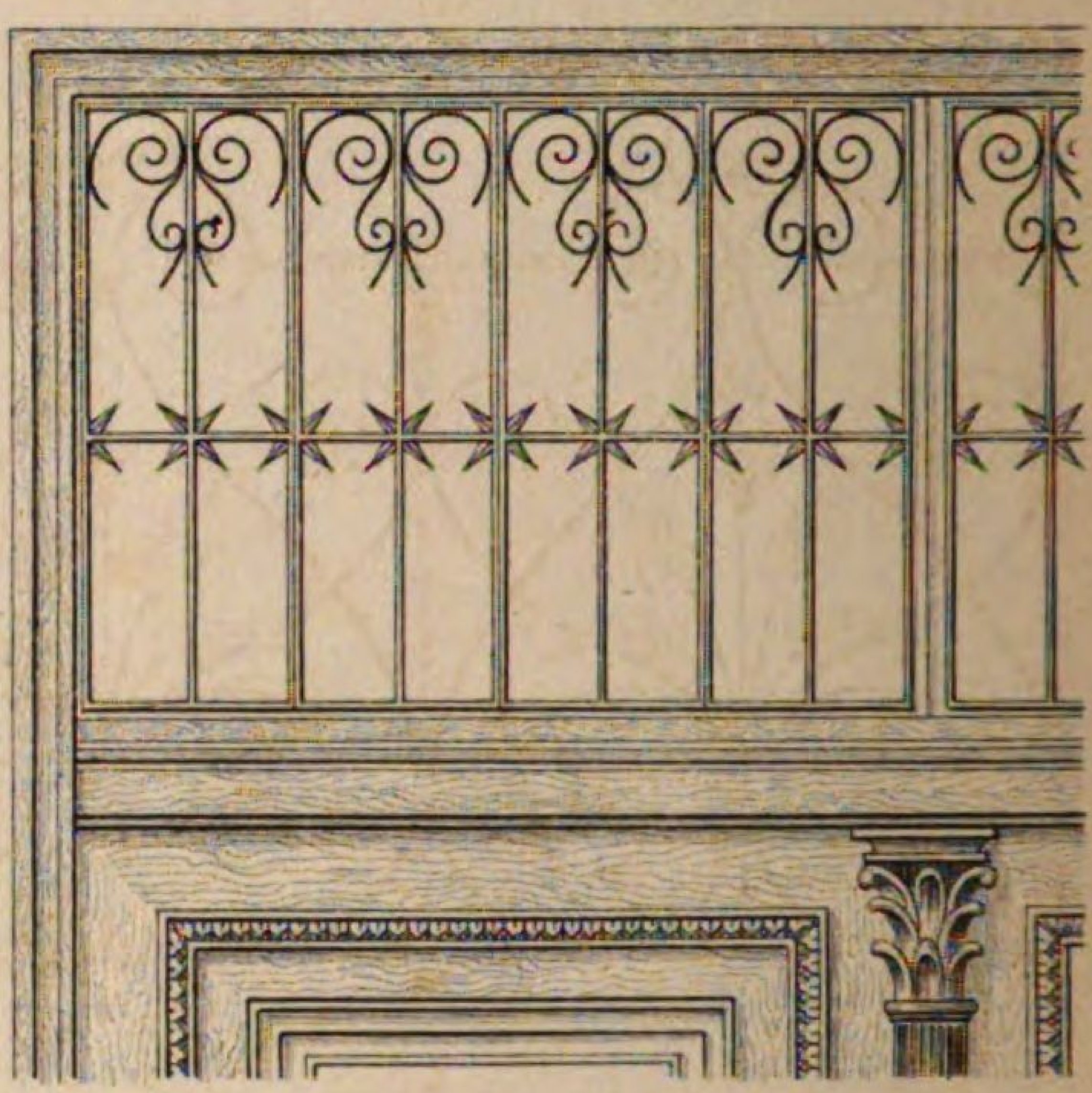


Fig. 5. Thür - Oberlicht.

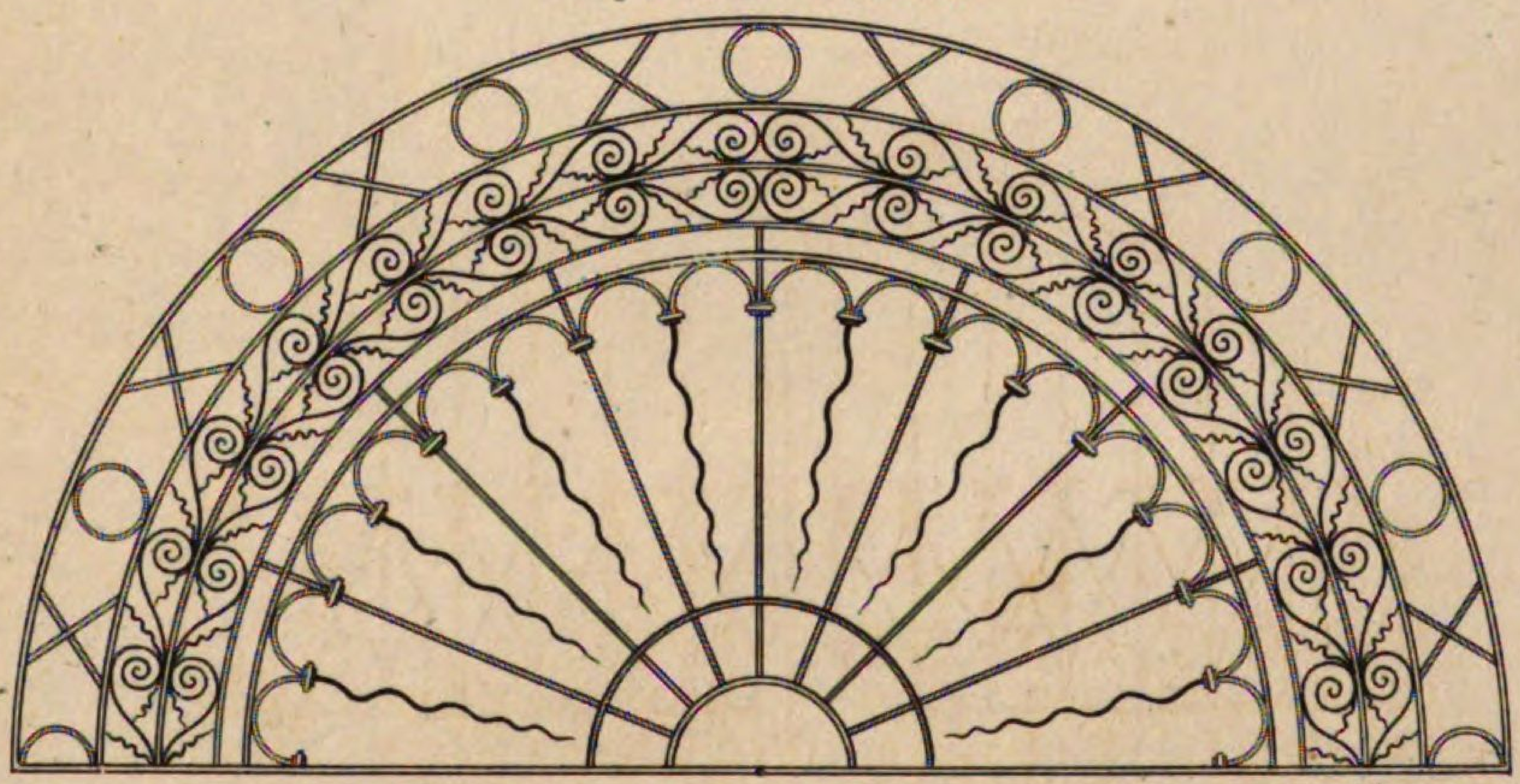


Fig. 6. Thür- Oberlicht.

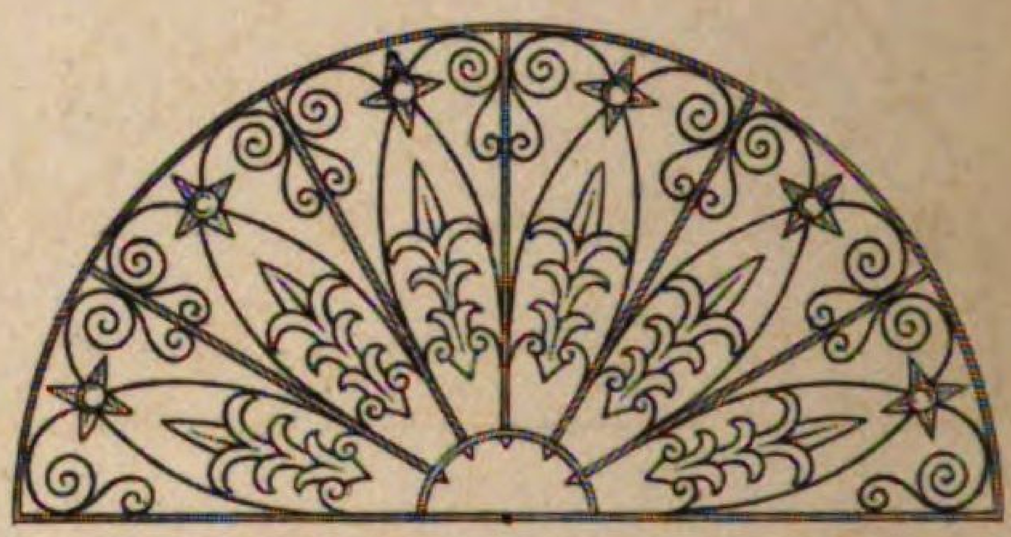


Fig. 11. Thüreinsatz.

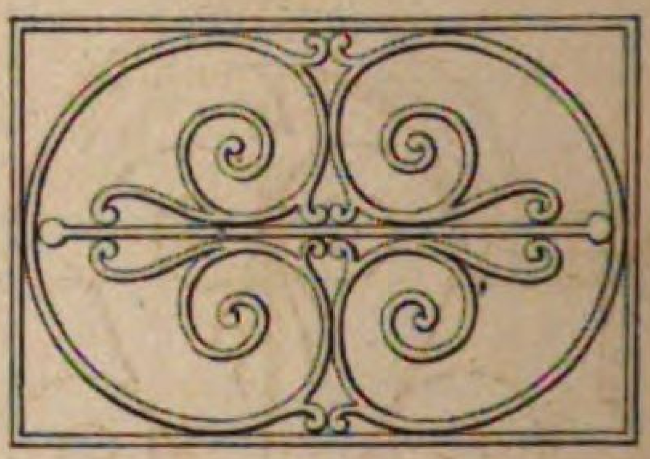


Fig. 9. Thür- Oberlicht.

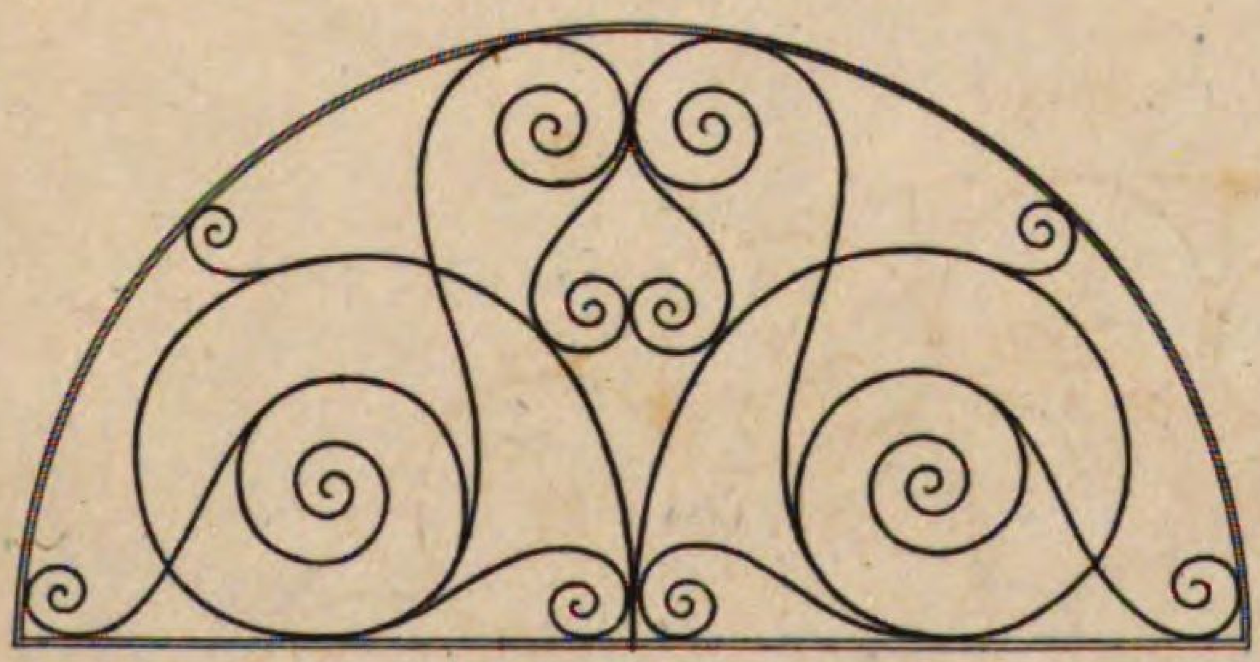


Fig. 10. Thür - Oberlicht.

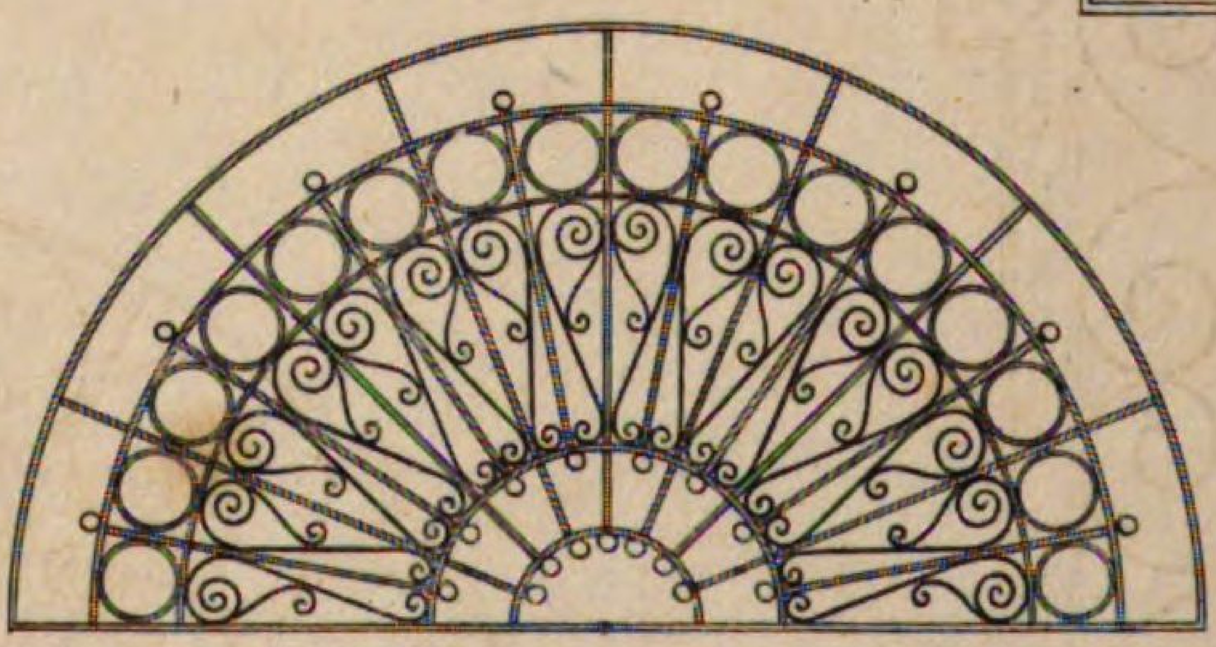


Fig. 12.



Fig. 15. Kellerfenster.

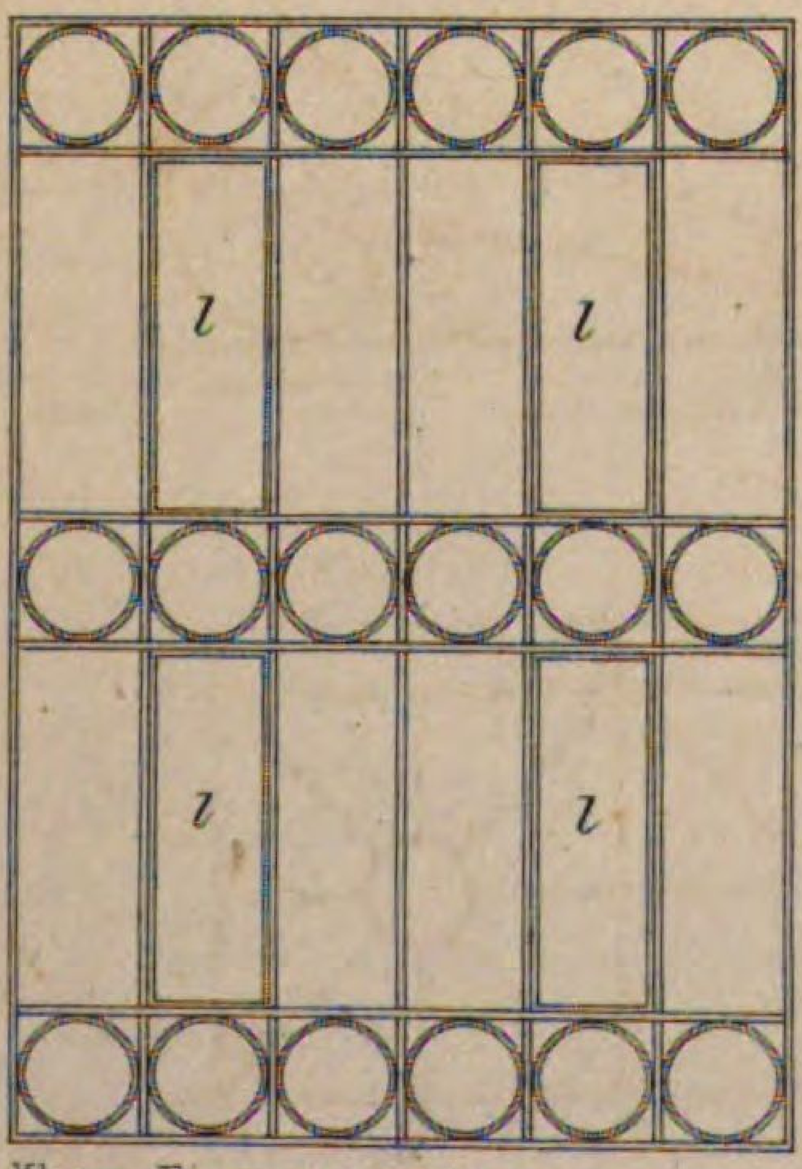


Fig. 16. Geländer.

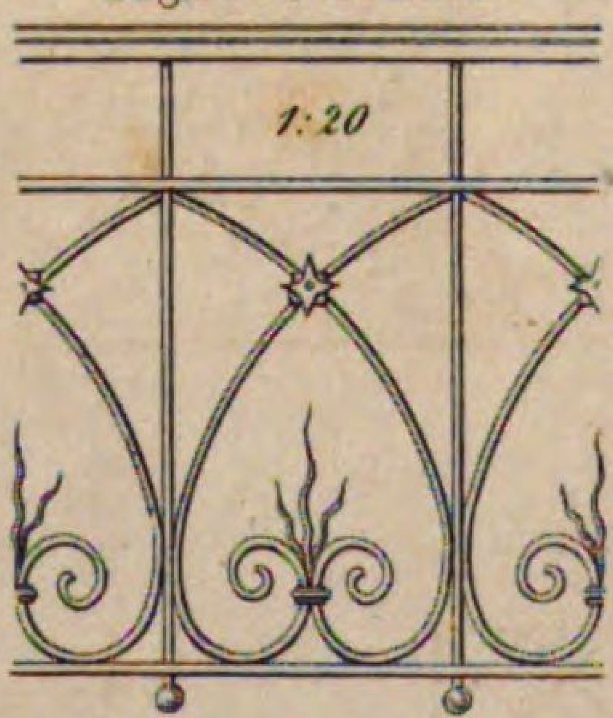


Fig. 17.

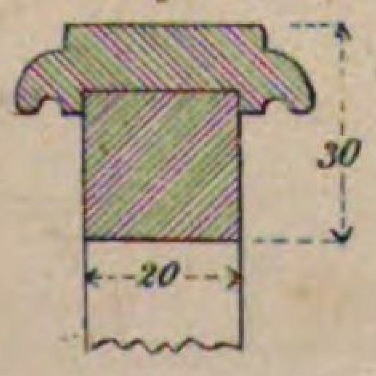


Fig. 18. Thüreinsatz.

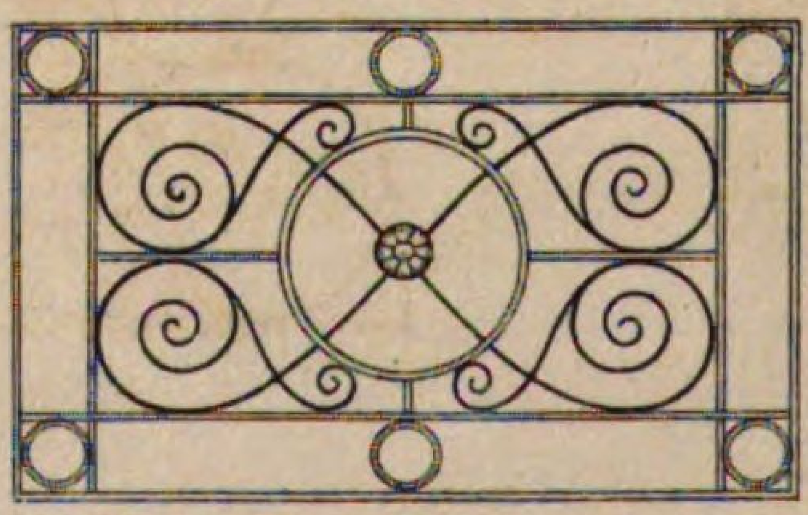


Fig. 19. Thüreinsatz.



Fig. 20. Oberlicht.



Fig. 3. Thüreinsatz a. d. Lehrter-Bahnhofe in Berlin.

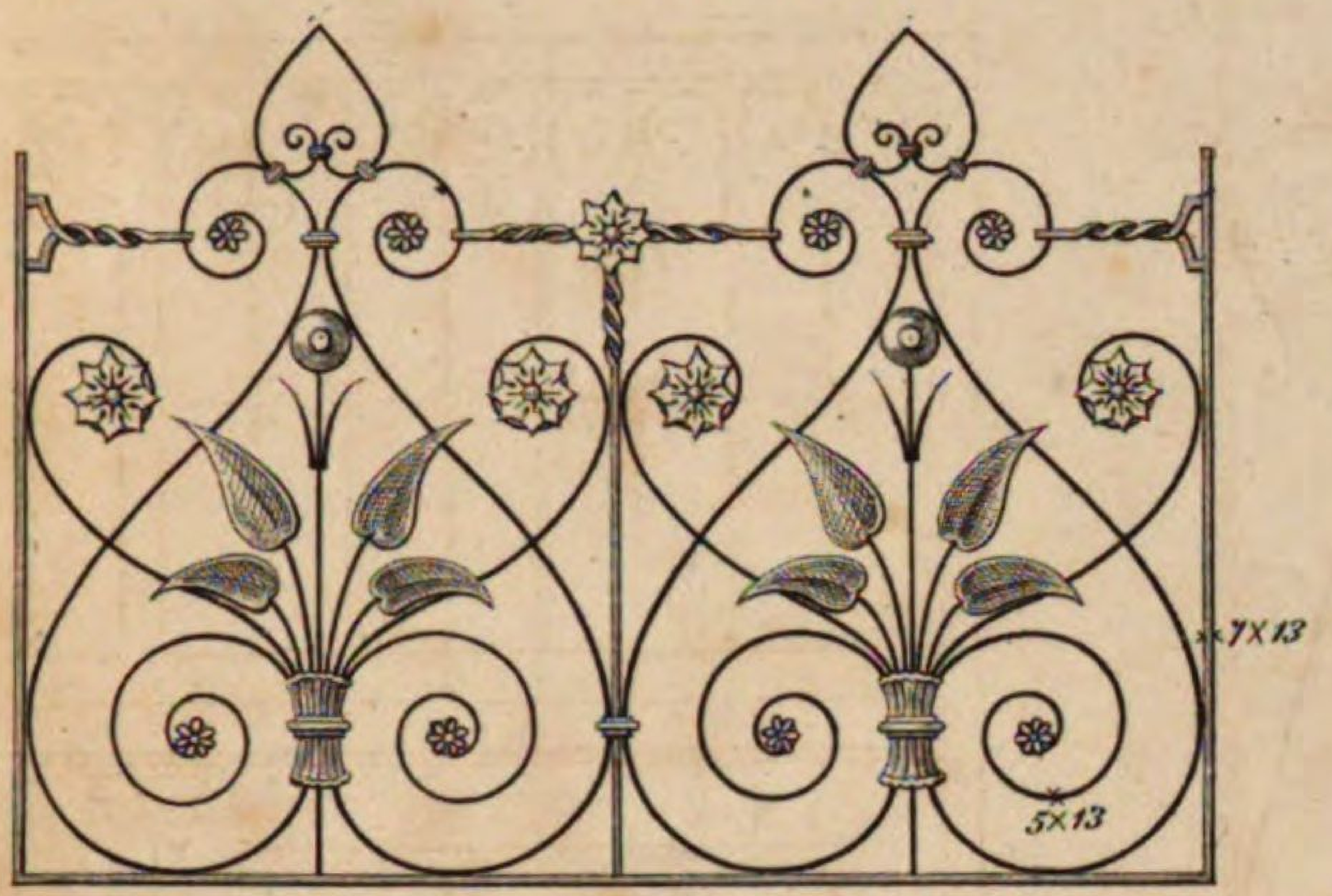


Fig. 4. Fenstereinsatz. Erf. v. Ferstel.

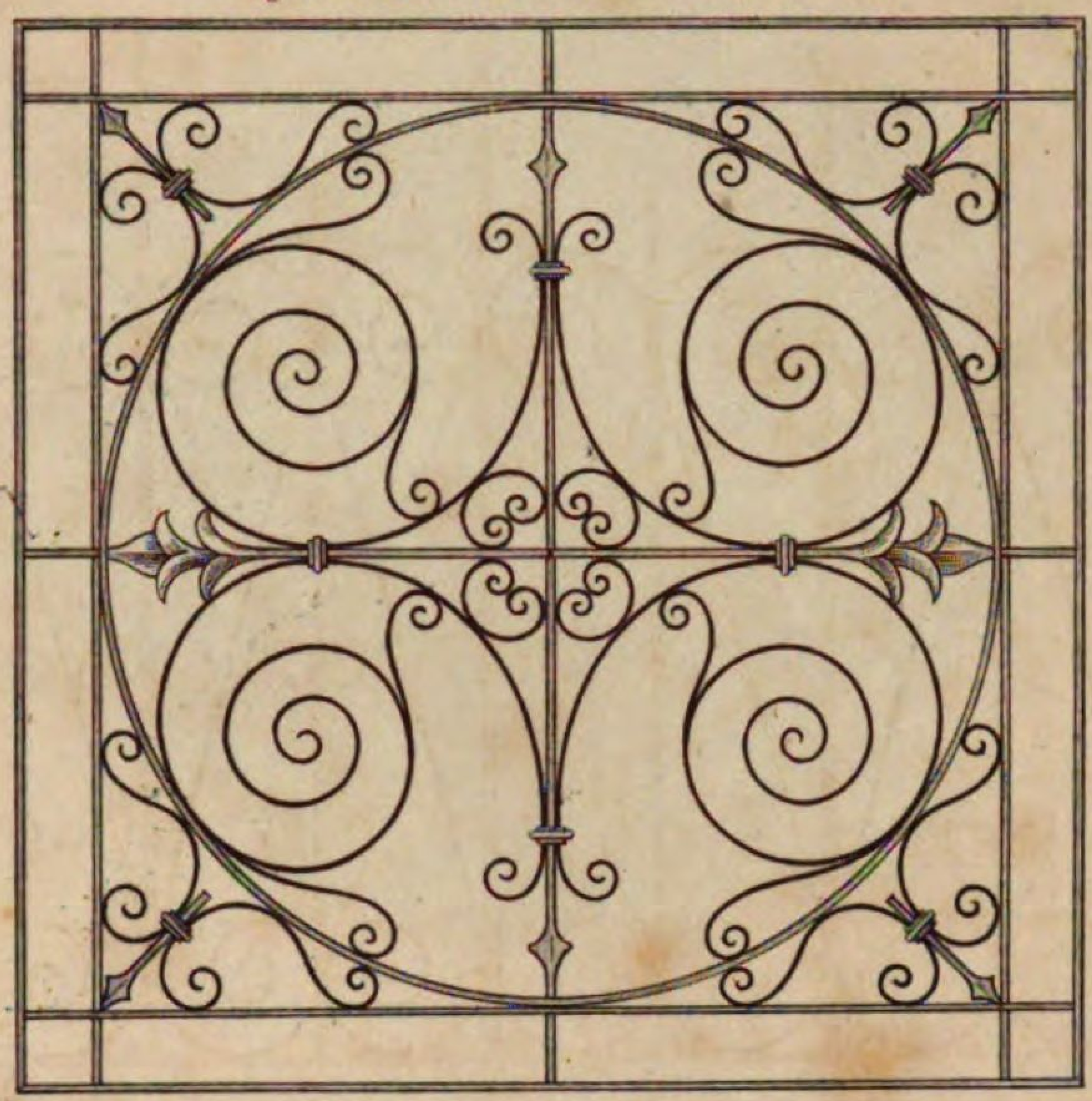


Fig. 7. Thür-Oberlicht.

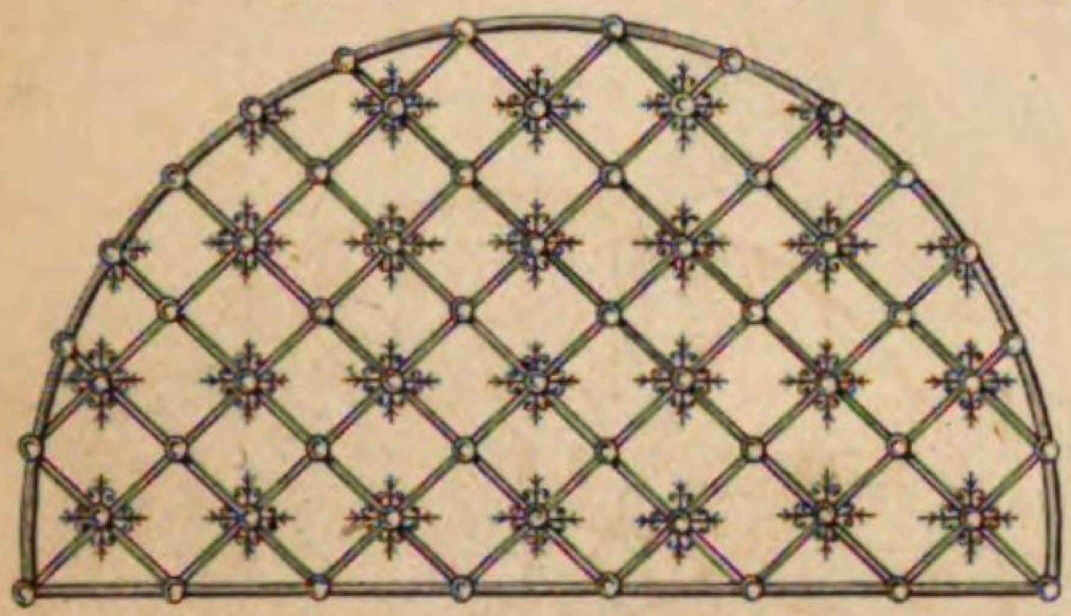


Fig. 8. Thür-Oberlicht d. chemisch. Laborat. in Wien.
Erf. von v. Ferstel.



Fig. 13. Thüreinsatz.



Fig. 14. Thür-Oberlicht.



Fig. 21. Thüreinsatz.

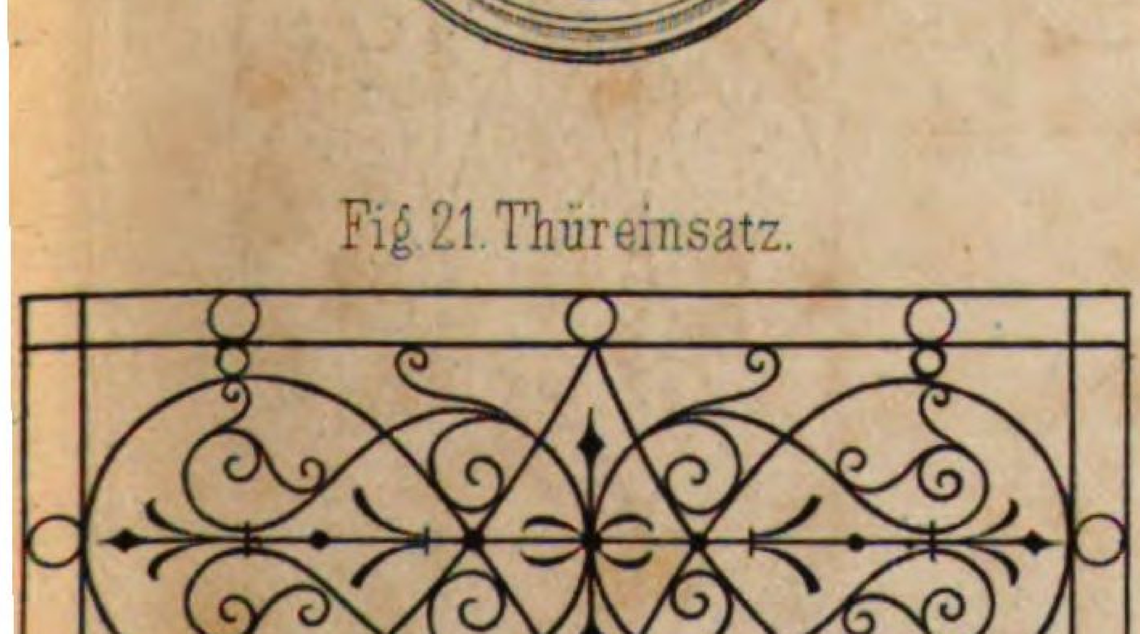


Fig. 22. Kellerfenstereinsatz.



Fig. 23. Kellerfenstereinsatz.



Lith. Anst. v. A. Pappermann in Graz.

Buchbinder
Theo Storfi
8260 Altmüh

Bayerische StaatsBibliothek

Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Klasen, Ludwig

Handbuch der Hochbau-Constructionen in Eisen und anderen Metallen f. Architekten, Ingenieure, Construkteure, Bauhandwerker u. Techn. Lehranst

Leipzig 1876

4 A.civ. 47 u
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11326278-8